



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

28477/H/07



RSS  
624.2  
Muk  
9M-1  

---

2007

FINAL PROJECT - PS 1380

## MODIFICATION OF KALIBAREK BRIDGE ON MALANG REGENCY BY STEEL FRAME SYSTEM

Annas Mukson  
NRP 3104 109 621

Supervisor :  
Djoko Irawan Ir. MS

PERPUSTAKAAN ITS	
Tgl. Terima	22 - 2 - 2007
Terima Dari	H
No. Agenda Prp.	227/118

DEPARTMENT OF CIVIL ENGINEERING  
Faculty of Civil Engineering and Planning  
Sepuluh Nopember Institut of Technology  
Surabaya 2007

**MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK  
KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM  
RANGKA BAJA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada

Program Studi S-1 Lintas Jalur Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Oleh :

**ANNAS MUKSON**

Nrp. 3104 109 621

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Djoko Irawan I. MS



SURABAYA, FEBRUARI 2007

**MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK  
KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM  
RANGKA BAJA**

**Nama Mahasiswa : Annas Mukson**  
**Nrp : 3104 109 621**  
**Jurusan : Teknik Sipil FTSP ITS**  
**Dosen Pembimbing : Djoko Irawan Ir. MS**

**Abstrak**

*Jembatan Kali Berek berada di Jalan Lintas Selatan Propinsi Jawa Timur di wilayah Kabupaten Malang. Dengan lebar untuk 2 ( dua ) lajur kendaraan. Jembatan Kali Berek ini dibangun sebagai salah satu bangunan pelengkap pada proyek jalan Lintas Selatan Jawa Timur.*

*Struktur utama berupa gelagar-gelagar dari beton pratekan dan beton bertulang sepanjang 120 m, yang terdiri dari 3 bentang dengan panjang masing-masing 40 m, ditopang diatas 2 pilar dan 2 kepala jembatan. Selanjutnya pada Tugas Akhir ini, akan dimodifikasi dengan menggunakan sistem rangka baja dan bentang diubah menjadi 40 m dan 80 m. Untuk bentang 40 m menggunakan sistem rangka baja terbuka, sedangkan untuk bentang 80 m menggunakan sistem rangka baja tertutup berbentuk busur.*

*Secara umum perencanaan jembatan ini menggunakan Bridge Management System ( BMS 1992 ) sebagai acuan pembebanan. Pembebanan yang diterapkan mengacu kepada beban - beban ( beban perpindahan dan pengaruh lainnya ) yang timbul pada suatu jembatan berdasarkan peraturan yang ada dalam Bridge Management System ( BMS, 1992 ).*

*Pendimensionian balok pada jembatan ini didesain terlebih dahulu kemudian menganalisa tegangan – tegangan yang terjadi terhadap berat sendiri, beban mati tambahan dan beban hidup, selanjutnya melakukan kontrol. Secara umum perencanaan pendimensionian dan kontrol menggunakan metode LRFD.*

*Kata kunci : Jembatan, Struktur Rangka Utama, Baja*

## MODIFICATION OF KALI BAREK BRIDGE ON MALANG REGENCY BY STEEL FRAME SYSTEM

**Student Name** : Annas Mukson  
**Registration Number** : 3104 109 621  
**Department** : Civil Engineering, Faculty of  
Civil Engineering and  
Planning – Sepuluh  
Noprmber Institut of  
Technology  
**Supervisor** : Djoko Irawan Ir. MS

### **Abstract**

*Kali Berek Bridge located in South Cross Street East Java Province on Malang Regency area. With width for two line of vehicles. This Kali Berek Bridge was build as one of complement structure at East Java South Cross Street project.*

*Main structure are girder from precast concrete and steel concrete as far 120 m, that consist of 3 spans with each length of 40 m, supported on top of 2 pillar and 2 abutment. Next in this final project, will modified with using steel frame system and change span in to 40 m and 80 m for spans 40 m using steel open frame system, and for spans 80 m by steel close frame system and have shape of arch.*

*Commonly the designed of this bridge, using Bridge Management System (BMS 1992) as load reference. The load that used refers to load (moving load and other influences) That comes at bridge be based on the rule that state in the Bridge Management System (BMS 1992).*

*The beam dimension in this bridge are designed firstly and then analyst the tensions that happened on own weight, dead load added and live load, next is doing control on it. Commonly the designed of dimensioning and controlling using LRFD method.*

*Key word : Bridge, Main Frame Structure, Steel*

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kami panjatkan kehadiran Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya kami dapat menyelesaikan Tugas Akhir ini.

Tugas akhir ini, merupakan salah satu mata kuliah wajib yang disusun guna memenuhi syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Sipil, FTSP-ITS.

Segala kritik dan saran yang bersifat membangun akan kami terima dengan hati terbuka. Dengan segala kerendahan hati, kami menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada,

1. Bapak Djoko Irawan Ir. MS, selaku dosen pembimbing yang telah memberikan dorongan, arahan dan masukan dalam penyusunan tugas akhir ini.
2. Orang tua, kakakku dan Mas Kalim, atas segala do'a dan dukungannya.
3. Teman-teman kontrakan MASA V/28, atas do'a, canda tawa dan memberikan semangat yang luar biasa serta menemani saya tidak tidur dalam menyusun laporan ini, mekipun kadang sedikit jail.
4. Teman-teman angkatan 2004 S1-LJ, FTSP-ITS, semoga persaudaraan kita dapat abadi selamanya.
5. H. Jamaludin Malik Abdul Rohman, atas ijinnya pada saat saya tidak masuk kerja karena harus menyusun tugas akhir ini.
6. Pimpinan saya dan teman-teman proyek, atas do'a dan dukungannya dalam menyusun tugas akhir ini, semoga kita dapat terus bekerja sama dan membina persaudaraan selamanya.
7. Teman-teman ta'mir masjid Al-Mubarak, atas do'a dan dukungannya.

Surabaya,3 Februari 2007

Penulis

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul</b> .....	<b>i</b>
<b>Lembar Pengesahan</b> .....	<b>ii</b>
<b>Abstrak</b> .....	<b>iii</b>
<b>Kata Pengantar</b> .....	<b>vii</b>
<b>Daftar Isi</b> .....	<b>viii</b>
<b>Daftar Gambar</b> .....	<b>xiv</b>
<b>Daftar Tabel</b> .....	<b>xvii</b>
<b>BAB I    Pendahuluan</b> .....	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Permasalahan.....	1
1.3. Maksud Dan Tujuan.....	2
1.4. Batasan Masalah .....	2
<b>BAB II   Tinjauan Pustaka</b> .....	<b>3</b>
2.1. Umum .....	3
2.2. Filosofi Desain.....	3
2.3. Pembebanan Pada Struktur Utama Jembatan .....	5
<b>BAB III  Metodologi</b> .....	<b>23</b>
3.1. Pengumpulan Data.....	23
3.2. Metode Pembebanan.....	24
3.3. Metode Perhitungan.....	33
3.3.1. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan .....	34
3.3.2. Penentuan Kekuatan Balok Memanjang .....	36
3.3.3. Penentuan Balok Melintang...	39
3.3.4. Penentuan Kekuatan Struktur Rangka.....	43
3.3.5. Sambungan .....	48
3.3.6. Perencanaan Perletakan.....	49



	3.3.7. Perhitungan Abutment Dan Pondasi.....	54
<b>BAB IV</b>	<b>Perencanaan Struktur Lantai Kendaraan Bentang 40 M.....</b>	<b>59</b>
	4.1. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan.....	59
	4.1.1. Perhitungan Pembebanan.....	60
	4.1.2. Perhitungan Penulangan Pelat.....	61
	4.1.3. Kontrol Stabilitas Pelat Lantai Kendaraan .....	64
	4.1.4. Perencanaan Bangunan Pelengkap.....	66
	4.2. Perencanaan Gelagar Memanjang.....	69
	4.2.1. Perhitungan Pembebanan.....	70
	4.2.2. Kontrol Profil.....	72
	4.3. Perencanaan Gelagar Melintang .....	75
	4.3.1. Perhitungan Pembebanan.....	77
	4.3.2. Sambungan Balok Memanjang Dan melintang.....	83
	4.3.2.2 Kontrol Profil.....	87
<b>BAB V</b>	<b>Perencanaan Struktur Lantai Kendaraan Bentang 80 m.....</b>	<b>91</b>
	5.1. Perencanaan Pelat Lantai Kendaraan....	91
	5.1.1. Perhitungan Pembebanan.....	92
	5.1.2. Perhitungan Penulangan Pelat.....	93
	5.1.3. Kontrol Stabilitas Pelat Lantai Kendaraan.....	95
	5.1.4. Perencanaan Bangunan Pelengkap.....	98
	5.2. Perencanaan Gelagar Memanjang ....	100
	5.2.1. Perhitungan Pembebanan.....	101
	5.2.2. Kontrol Profil.....	103
	5.3. Perencanaan Gelagar Melintang.....	105
	5.3.1. Perhitungan Pembebanan.....	107
	5.3.2. Kontrol Profil.....	117

5.4. Sambungan Balok Memanjang Dan Melintang.....	114
<b>BAB VI Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Dengan Bentang 40 m.....</b>	<b>121</b>
6.1. Pembebanan Saat Peluncuran.....	121
6.2. Pembebanan Setelah Peluncuran.....	123
6.2.1. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Mati.....	124
6.2.2. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Hidup.....	124
6.2.3. Beban Angin.....	127
6.2.4. Kombinasi Pembebanan..	129
6.2.5. Perencanaan Batang Rangka Utama.....	130
6.2.6. Kontrol Berat Sendiri Jembatan.....	135
6.3. Ikatan Angin .....	137
6.4. Kontrol Stabilitas.....	139
<b>BAB VII Perencanaan Struktur Jembatan Rangka Dengan Bentang 80 m.....</b>	<b>141</b>
7.1. Pembebanan Saat Peluncuran.....	141
7.2. Pembebanan Setelah Peluncuran.....	143
7.2.1. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Mati.....	144
7.2.2. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Hidup.....	145
7.2.3. Beban Angin.....	147
7.2.4. Kombinasi Pembebanan.	151
7.2.5. Perencanaan Batang Rangka Utama.....	152
7.2.6. Kontrol Berat Sendiri Jembatan.	157
7.2.7. Ikatan Angin .....	158
7.2.7.1 Ikatan Angin Bawah.....	158

7.2.7.2. Ikatan Angin Atas....	159
7.3 Perencanaan Link Set.....	161
7.4. Kontrol Stabilitas.....	169
<b>BAB VIII Sambungan Dan Perletakan.....</b>	<b>171</b>
8.1. Perencanaan Sambungan Rangka	
Jembatan Bentang 40 M.....	171
8.1.1. Sambungan Struktur	
Rangka Utama.....	171
8.1.2. Sambungan Ikatan Angin.....	173
8.1.3. Kontrol Kekuatan Plat.....	173
8.2. Perencanaan Sambungan Rangka	
Jembatan Bentang 80 M.....	174
8.2.1. Sambungan Struktur	
Rangka Utama.....	174
8.2.2. Sambungan Ikatan Angin.....	176
8.3. Perencanaan Perletakan.....	177
8.3.1. Perletakan Jembatan	
Rangka Baja.....	177
8.3.2. Perencanaan Bahan Elastometer	182
8.3.2.1. Kontrol Elastometer.....	183
<b>BAB IX Bangunan Bawah.....</b>	<b>189</b>
9.1. Perencanaan Abutmen.....	189
9.1.1. Data Perencanaan Bangunan	
Atas Bentang 40 M.....	189
9.1.2. Beban Mati.....	189
9.1.3. Beban Hidup.....	190
9.1.4. Data Perencanaan Bangunan	
Atas Bentang 80 M.....	191
9.1.5. Beban Mati.....	191
9.1.6. Beban Hidup.....	192
9.1.7. Perencanaan Abutmen Sisi	
Kanan.....	193

9.1.7.1. Kontrol Stabilitas Abutmen.....	202
9.1.7.2. Penulangan Dinding Abutmen.....	204
9.1.7.3. Penulangan Poer.....	205
9.1.7.4. Penulangan Konsol Belakang.....	208
9.1.8. Perencanaan Abutmen Sisi Tengah.....	212
9.1.8.1. Kontrol Stabilitas Abutmen.....	214
9.1.8.2. Penulangan Dinding Pilar.....	215
9.1.8.3. Penulangan Poer.....	216
9.1.8.4. Penulangan Konsol.....	217
9.1.8.5 Perencanaan Pondasi Sumuran .....	218
9.1.9. Penulangan Pelat Injak.....	221
9.1.10 Perhitungan Pilar Sementara.....	222
<b>BAB X Kesimpulan Dan Saran .....</b>	<b>225</b>
10.1. Kesimpulan.....	225
10.2. Saran.....	225
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>227</b>
<b>LAMPIRAN</b>	

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Diagram karakteristik material baja.....	3
Gambar 2.3.2 Pembebanan D pada arah melintang.....	13
Gambar 2.3.3 Intensitas penyebaran beban D arah melintang.....	14
Gambar 2.3.4 Susunan pembebanan D arah memanjang.....	15
Gamabr 2.3.5 Pembebanan Truk "T".....	16
Gambar 3.3.11 Perencanaan plat lantai.....	34
Gambar 3.3.3.1 Beban UDL dan KEL.....	40
Gambar 3.3.3.2 Beban sebelum komposit.....	40
Gambar 3.3.3.3 Beban setelah komposit.....	41
Gambar 3.3.3.4 Diagram tegangan .....	42
Gambar 3.3.3.5 Beban gaya geser maksimum.....	42
Gambar 3.3.4.1Beban terpusat pada join.....	43
Gambar 3.3.4.2 Garis pengaruh batang .....	45
Gambar 3.3.6.1 Denah elastomer.....	49
Gambar 3.3.6.2 Beban tegak lurus pada permukaan tumpuan.....	49
Gambar 3.3.6.3 Gerakan tangensial tumpuan.....	50
Gambar 4.1.2.1 Skema penulangan plat lantai kendaraan..	63
Gambar 4.1.3.1 Skema distribusi pembebanan akibat roda kendaraan.....	64
Gambar 4.1.4.1 Skema penulangan kerb dan struktur trotoar.....	68
Gambar 4.2.1 Perencanaan tebal plat dan jarak antar gealgar.....	69
Gambar 4.2.1.1 Pendistribusian beban plat terhadap gelagar memanjang.....	70
Gambar 4.2.1.2 Diagram momen maksimum akibat beban KEL dan DLA .....	71
Gambar 4.2.1.3 Diagram momen maksimum akibat beban T .....	72
Gambar 4.3.1 Pendistribusian beban merata terhadap gelagar melintang.....	76

Gambar 4.3.2 Skema beban terpusat .....	76
Gambar 4.3.1.1.1 Skema pendistribusian beban $q_m1$ .....	77
Gambar 4.3.1.1.2 Skema pendistribusian beban $q_m2$ .....	77
Gambar 4.3.1.1.3 Gaya VA dan VB akibat beban merata pada gelagar.....	78
Gambar 4.3.1.2.1 Beban $p+q$ pada gelagar melintang .....	78
Gambar 4.3.1.3.1 Gaya VA dan VB akibat beban hidup T searah.....	79
Gambar 4.3.1.3.2 Gaya VA dan VB akibat beban hidup T dua arah.....	79
Gambar 4.3.1.4.1 Tegangan kerja komposit metode plastis.	80
Gambar 4.3.1.4.2 Posisi garis netral plastis pada komposit.	82
Gambar 4.3.1.4.3 Posisi beban UDL dan KEL .....	82
Gambar 4.3.2 Sambungan gelagar melintang dan gelagar memanjang.....	86
Gambar 5.1.2.1 Skema penulangan plat lantai kendaraan...	95
Gambar 5.1.3.1 Skema distribusi pembebanan akibat roda kendaraan .....	96
Gambar 5.1.4.1 Skema penulangan kerb dan struktur trotoar.....	100
Gambar 5.2.1 Perencanaan tebal plat dan jarak antar gelagar.....	100
Gambar 5.2.1.1 Pendistribusian beban plat terhadap gelagar memanjang.....	102
Gambar 5.3.1 Pendistribusian beban merata terhadap gelagar melintang .....	106
Gambar 5.3.2 Skema beban terpusat.....	107
Gambar 5.3.1.1.1 Skema pendistribusian beban $q_m1$ .....	107
Gambar 5.3.1.1.2 Skema pendistribusian beban $q_m2$ .....	108
Gambar 5.3.1.1.3 Gaya VA dan VB akibat beban merata pada gelagar .....	108
Gambar 5.3.1.2.1 Beban $p+q$ pada gelagar melintang.....	109
Gambar 5.3.1.3.1 Beban VA dan VB akibat beban hidup T searah.....	109
Gambar 5.3.1.3.2 Beban VA dan VB akibat beban hidup	

T dua arah .....	110
Gambar 5.3.1.4.1 Tegangan kerja komposit metode plastis.	111
Gambar 5.3.1.4.2 Posisi garis netral plastis pada komposit.	112
Gambar 5.3.1.4.3 Posisi beban UDL dan KEL.....	113
Gambar 5.4.4 Sambungan gelagar melintang dan gelagar memanjang.....	116
Gambar 6.1.1 Sketsa rangka utama.....	121
Gambar 6.1.2 Sketsa rangka utama sebelum peluncuran.....	122
Gambar 6.2.1.1 Distribusi beban P pada bentang 40 m .....	124
Gambar 6.2.2.1 Beban UDL .....	124
Gambar 6.2.3.1 Model ikatan angin bawah.....	128
Gambar 6.3.1 Macam material yang digunakan.....	138
Gambar 7.1.1 Sketsa rangka utama bentang 80 m.....	141
Gambar 7.1.2 Sketsa rangka utama bentang 80 m saat peluncuran .....	142
Gambar 7.2.1.1 Distribusi beban P pada bentang 80 m.....	144
Gambar 7.2.2.1 Beban UDL .....	145
Gambar 7.2.3.1 Model ikatan angin .....	148
Gambar 7.2.1 Macam material yang digunakan.....	160
Gambar 7.3.1 Asumsi setengah bentang pertama pelaksanaan.....	161
Gambar 7.3.2 Asumsi setengah bentang kedua pelaksanaan.....	161
Gambar 7.3.3 Link Set.....	162
Gambar 8.1.1 Rangka utama bentang 40 m .....	171
Gambar 8.2.1 Rangka utama bentang 80 m .....	174
Gambar 8.3.2.1 Dimensi elastomeric bearing.....	182
Gambar 9.1.7.1 Abutment sisi kanan.....	194
Gambar 9.1.7.2 Diagram tekanan tanah aktif abutment.....	199
Gambar 9.1.7.3 Denah penulangan abutment.....	211
Gambar 9.1.8.1 Pilar (abutment tengah).....	213
Gambar 9.1.8.2 Denah penulangan pilar.....	220
Gambar 9.1.11.1 Skema pilar sementara.....	222

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Ringkasan aksi-aksi rencana .....	10
Tabel 2.2 Temperatur jembatan rata-rata nominal.....	20
Tabel 2.3 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur.	20
Tabel 3.2.1 Nilai temperatur untuk tiap tipe jembatan.....	25
Tabel 3.2.2 Nilai koefisien perpanjangan dan nilai E.....	26
Tabel 3.2.3 Nilai faktor beban dan periode ulang banjir tahunan .....	27
Tabel 3.2.4 Nilai koefisien seret ( $C_w$ ) .....	28
Tabel 3.2.5 Kecepatan angin sesuai letak jembatan.....	29
Tabel 3.2.6 Harga I minimum untuk tiap jenis jembatan....	30
Tabel 3.2.7 Nilai konstanta untuk tiap bentuk pilar.....	32
Tabel 3.3.4.1 Kombinasi pembebanan .....	48
Tabel 6.1.1 Nilai gaya batang pada saat peluncuran.....	123
Tabel 6.2.2.1 Gaya batang akibat beban mati dan beban hidup.....	126
Tabel 6.2.3.1 Gaya batang pada ikatan angin.....	129
Tabel 6.2.4.1 Kombinasi pembebanan .....	129
Tabel 6.3.1 Macam material yang digunakan.....	138
Tabel 7.1.1 Nilai gaya batang pada saat peluncuran .....	143
Tabel 7.2.2.1 Gaya batang setelah peluncuran.....	146
Tabel 7.2.3.1 Gaya batang ikatan angin bawah.....	149
Tabel 7.2.3.2 Gaya batang ikatan angin atas .....	150
Tabel 7.2.4.1 Kombinasi pembebanan.....	151
Tabel 7.2.1 Macam material yang digunakan .....	160
Tabel 7.3.1 Gaya batang pada link set.....	163
Tabel 7.3.2 Jumlah baut pada link set.....	186
Tabel 8.1.1.1 Jumlah baut jembatan bentang 40 m .....	172
Tabel 8.2.1.1 Jumlah baut jembatan bentang 80 m.....	175



# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Jembatan Kali Berek merupakan salah satu bangunan pelengkap prasarana transportasi proyek Jalan Lintas Selatan propinsi Jawa Timur. Jembatan ini terletak di perbatasan Kota Malang dengan Kota Blitar.

Jembatan tersebut dibangun oleh pemerintah Propinsi Jawa Timur. Bentang dari jembatan ini adalah 120 m. Bentang dibagi menjadi 3 bagian, masing – masing 40 m.

Bentang jembatan yang cukup panjang merupakan alasan, mengapa jembatan ini dibangun dengan sistem rangka baja. Dengan bentang yang panjang, akan menghasilkan dimensi balok yang besar, jika digunakan balok beton biasa. Hal ini merupakan salah satu langkah dalam melakukan penghematan biaya.

### **1.2. Permasalahan**

Permasalahan yang ada dan akan dibahas dalam tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Bagaimana menghitung pembebanan – pembebanan pada struktur
2. Bagaimana menganalisa gaya-gaya dalam struktur
3. Bagaimana merencanakan plat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, struktur rangka dan sambungan
4. Bagaimana melakukan kontrol kemampuan profil yang direncanakan
5. Bagaimana merencanakan bangunan bawah
6. Bagaimana membuat gambar rencana

### **1.3. Maksud dan Tujuan**

Maksud penulisan tugas akhir ini adalah untuk memahami dan menerapkan kegiatan perencanaan dan perhitungan jembatan dengan sistem rangka baja.

Adapun tujuan dari penulisan tugas akhir ini adalah sebagai berikut :

1. Menghitung pembebanan – pembebanan pada struktur
2. Menganalisa gaya – gaya dalam struktur
3. Merencanakan plat lantai kendaraan, gelagar memanjang, gelagar melintang, struktur rangka dan sambungan
4. Mengontrol kemampuan profil yang telah direncanakan
5. Merencanakan bangunan bawah
6. Membuat gambar rencana

### **1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Masalah**

Mengingat keterbatasan waktu dalam penyusunan tugas akhir ini, maka perlu adanya batasan masalah. Dalam penyusunan tugas akhir ini yang batasan – batasan masalah adalah sebagai berikut :

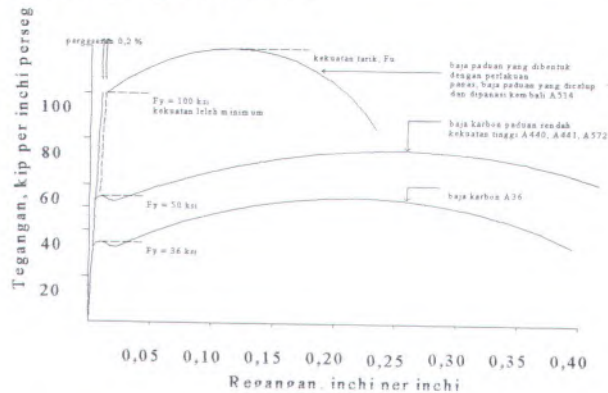
1. tidak membahas metode pelaksanaan di lapangan
2. tidak membahas analisa anggaran biaya
3. analisa struktur dengan program bantu SAP 2000

## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Umum

Pengertian jembatan adalah suatu struktur yang melintaskan alur jalan melintasi rintangan yang ada tanpa menutupnya. Jembatan sebagai bagian dari jalan raya berfungsi sebagai penghubung daerah yang terpisah oleh rintangan baik berupa sungai, danau, lembah, jurang dan sebagainya. (Dikutip dari **Diktat Kuliah Konstruksi Jembatan, oleh : Ir. Djoko Irawan, Msc.**)

Didalam merencanakan suatu struktur perlu diperhatikan sifat dan karakteristik material yang dipergunakan, sifat dan karakteristik dari baja dapat dilihat sesuai dengan gambar 2.1.1.



Gambar 2.1. Diagram karakteristik dari material baja

Dapat dilihat dari grafik tersebut bahwasannya karakteristik material baja mutu tinggi yang diwakili oleh Baja jenis A514 diagram regangannya tidak menunjukkan adanya regangan leleh ( $\sigma_y$ ), akan tetapi langsung

menunjukkan penurunan dari kemampuan layan dari material tersebut (getas).

Lain halnya dengan dengan baja mutu rendah yang diwakili oleh baja jenis A36 yang mana garis regangan yang linier dan membentuk suatu garis lurus kemudian kembali naik dan kemudian pada regangan tertentu akan turun kembali.

Dapat disimpulkan bahwasannya baja mutu tinggi mempunyai kekuatan layan terhadap tegangan yang cukup tinggi akan tetapi regangan yang terjadi kecil. Namun sebaliknya baja mutu rendah mempunyai kemampuan layan terhadap regangan yang cukup rendah, akan tetapi batas regangan yang dapat dihasilkan dapat lebih panjang.

Berdasarkan kurva tegangan-regangan baja lunak tampak ada daerah yang membentuk suatu garis lurus / linier, daerah ini disebut daerah linier elastis. Pada daerah ini menunjukkan hubungan tegangan-regangan adalah bila beban terus ditingkatkan maka baja akan mengalami perpanjangan ( $\Delta$  regangan) secara linier dengan kenaikan beban. Kemiringan garis ini ( $\text{tg } \alpha$ ) menyatakan besarnya nilai modulus elastisitas atau sering disebut dengan modulus young (E).

Pada baja yang memiliki tegangan leleh ( $\sigma_y$ ), seperti ditunjukkan pada kurva (a) dan (b) pada gambar 2.1 keadaan regangan yang besar dengan tegangan konstan disebut daerah plastis. Daerah plastis ini dapat digunakan sebagai acuan perencanaan (metode plastis) untuk menentukan kekuatan plastis atau sering disebut dengan kekuatan batas atau maksimum.

Apabila regangan yang terjadi menjadi lebih besar 15 sampai 20 kali dari regangan elastis maksimum, maka tegangan akan kembali naik tetapi kemiringannya ( $\text{tg } \alpha$ ) lebih kecil jika dibandingkan dengan kemiringan di daerah elastis. Kenaikan kekuatan ini disebut sebagai pengerasan regangan (strain hardening) dan kemiringan ( $\text{tg } \alpha$ ) pada daerah ini

dikenal sebagai modulus pengerasan regangan (Est). Pemakaian daerah pengerasan regangan tidak umum digunakan dalam perencanaan.

Kurva tegangan-regangan juga menunjukkan sifat daktilitas baja. Daktilitas didefinisikan sebagai jumlah regangan permanen, yaitu regangan yang melampaui batas proporsional (tegangan leleh) sampai titik patah. Besar daktilitas dari hasil tes tarik baja dapat dihitung dengan membandingkan luas penampang lintang akhir dengan luas penampang semula (dalam %). Daktilitas penting karena memungkinkan terjadinya kelelahan setempat akibat tegangan yang besar, sehingga distribusi tegangan dapat berubah. Perencanaan berdasarkan kelakuan kekuatan batas memerlukan daktilitas bawaan (inherent) yang besar, terutama untuk mengakomodasi tegangan di dekat lubang atau perubahan bentuk batang yang mendadak, serta untuk perencanaan sambungan.

## 2.2 Filosofi Desain

Pada dasarnya perencanaan struktur konstruksi harus mampu menyediakan cadangan kekuatan terhadap dua kemungkinan, yaitu :

- Kelebihan beban (overload) yang dapat terjadi sewaktu – waktu karena perubahan nilai fungsi dari konstruksi tersebut.
- Kekurangan kekuatan (under strength), biasanya hal ini disebabkan oleh penyimpangan – penyimpangan dimensi maupun mutu dari material yang digunakan dalam asumsi perencanaan struktur. Sehingga di dalam merencanakan suatu struktur konstruksi harus dipertimbangkan adanya toleransi terhadap material yang digunakan.

Secara umum ada tiga filosofi di dalam pendekatan desain yang umum digunakan, yaitu :



### 1. Metode Elastis

Metode ini berdasarkan beban kerja, dimana beban kerja yang terjadi harus lebih kecil dari tegangan kerja yang diijinkan. Secara umum persamaan desain dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$\sum Q_i \leq \frac{R_n}{FS}$$

### 2. Metode Plastis

Penggunaan metode ini mengacu pada sifat daktil baja, dimana masih ada kekuatan cadangan di atas kekuatan elastis. Perencanaan dengan menggunakan metode plastis ini ekuivalen dengan mekanisme keruntuhan (collapse mechanism), yaitu : struktur direncanakan sedemikian rupa hingga struktur tersebut tidak mempunyai kemampuan lagi dalam memikul beban, kondisi ini dikatakan bahwa struktur telah mencapai keruntuhan (sering disebut dengan Mekanisme Keruntuhan). Hal ini yang menjadi batasan kekuatan struktur di dalam perencanaan. Secara umum perumusan pada desain pada metode ini adalah :

$$LF.(Q) \leq R_n$$

### 3. Metode LRFD (Load and Resistance Factor Design)

Metode ini berdasarkan pada konsep "Keadaan Batas" (limit state), yaitu : suatu keadaan dimana struktur atau elemen struktur di desain sampai menunjukkan perilaku tidak dapat berfungsi lagi.

Ada dua kategori yang menyatakan keadaan batas (limit state) :

- Strength limit state : Kemampuan struktur memikul beban
- Serviceability limit state : Kelakuan struktur memikul beban

Secara umum perumusan untuk pendekatan desain metode LRFD ini dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\phi R_n \geq \gamma_0 \sum \gamma_i Q_i$$

Ruas kiri menyatakan kekuatan nominal  $R_n$  yang dikalikan dengan faktor reduksi kapasitas (undercapacity)  $\phi$ , yaitu bilangan yang lebih kecil dari 1,0 untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam besarnya daya tahan (resistance uncertainties). Ruas kanan merupakan jumlah hasil kali akibat pengaruh beban  $Q_i$  dan faktor kelebihan beban (overload)  $\gamma_i$ . Jumlah hasil kali ini dikalikan dengan faktor analisa  $\gamma_0$  (bilangan lebih besar dari 1,0) untuk memperhitungkan ketidakpastian dalam analisa struktur, misalnya :

- Portal kaku tiga dimensi dianalisa dengan sistem dua dimensi
- Sambungan sering dianggap sederhana (sendi) atau kaku (jepit), sedangkan sesungguhnya berada di antara keduanya.

Secara konvensional, faktor  $\phi$  bisa dipindahkan ke ruas kanan menjadi penyebut sehingga didapatkan faktor keamanan.

Secara umum perencanaan jembatan ini menggunakan *B.M.S 1992* [1] yang lebih memenuhi sebagai bahan rujukan yang lengkap tentang desain jembatan. Sedangkan filosofi perencanaan memakai rencana keadaan batas dan rencana tegangan kerja. Penggunaannya masing-masing dapat dijelaskan sebagai berikut:

### 1. Rencana Keadaan Batas

Rencana keadaan batas adalah istilah yang digunakan untuk menjelaskan pendekatan atau perencanaan pada semua fungsi bentuk struktur yang telah diperhitungkan.

#### a. Tingkat pembebanan dan bentuk keruntuhan

Kejadian keruntuhan umumnya dikelompokkan dalam dua kategori utama keadaan batas yaitu :

- keadaan batas ultimate atau runtuh  
Keadaan batas ultimate dilampaui bila keamanan jembatan terancam oleh

- Deformasi yang tidak dibatasi
- Perputaran guling
- Kurang stabilitas
- keadaan batas kelayanan
  - Keadaan batas kelayanan adalah kondisi kurang parah yang berkaitan dengan lendutan, retakan, keawetan dan getaran. Tingkat perencanaan aksi tersebut dipilih demikian, sehingga :
    - tidak membuat jembatan kurang baik untuk penggunaan
    - tidak menimbulkan kekhawatiran masyarakat
    - tidak banyak mengurangi umur kelayanan jembatan

b. Faktor keamanan merata

Pada rencana keadaan batas margin keamanan digunakan lebih merata pada seluruh struktur melalui penggunaan faktor keamanan parsial. Tidak seperti cara tegangan kerja pada faktor keamanan digunakan hanya untuk bahan. Dalam rencana keadaan batas faktor keamanan terbagi antara beban dan bahan yang mengijinkan ketidakpastian pada masing-masing diperhitungkan, yaitu:

Faktor reduksi kekuatan  $\times$  kapasitas nominal  $\geq$  faktor  
beban  $\times$  beban nominal

$$R' \geq S' \dots\dots\dots(\text{persamaan 1})$$

2. *Rencana Tegangan Kerja*

Filosofi kriteria desain perencanaan tegangan kerja adalah pendekatan elastis yang digunakan untuk memperkirakan kekuatan atau stabilitas, dengan membatasi tegangan dalam struktur sampai tegangan ijin sebesar kurang lebih setengah dari kekuatan struktur aktual pada beban kerja. Tegangan ijin tersebut diperoleh dengan membuat beberapa toleransi untuk stabilitas tidak linier dan pengaruh bahan pada



kekuatan unsur terisolasi dan besaran kekuatan ultimate yang dibagi oleh faktor keamanan (SF).

$$\text{Tegangan kerja} \leq \text{Tegangan ijin} =$$

$$\frac{\text{Tegangan Ultimate}}{SF} \dots\dots\dots (\text{persamaan 2})$$

Keadaan batas daya layan adalah kurang efisien dalam mencapai tingkat keamanan yang konsisten bila faktor keamanan digunakan pada bahan saja

Pada umumnya pendekatan yang digunakan pada desain yaitu dengan metode LRFD

### 2.3 Pembebanan pada Struktur Utama Jembatan

Pembebanan yang diterapkan mengacu kepada muatan atau aksi lain (beban perpindahan dan pengaruh lainnya) yang timbul pada suatu jembatan berdasarkan peraturan yang ada dalam B.M.S. 1992. Aksi-aksi yang timbul dikelompokkan menurut sumbernya kedalam beberapa kelompok, yaitu:

- Aksi tetap
- Aksi lalu lintas
- Aksi lingkungan
- Aksi-aksi lainnya

Berdasarkan lamanya aksi itu bekerja maka aksi diklasifikasikan menjadi 2 yaitu:

- Aksi tetap : Aksi yang bekerja sepanjang waktu atau dalam jangka waktu lama
- Aksi transient : Aksi yang bekerja dalam jangka waktu pendek atau sementara

Pengklasifikasian aksi seperti di atas mengandung arti bahwa beban-beban yang bekerja dapat diperkirakan umur terjadinya dan apabila terjadi aksi yang tidak umum dalam peraturan maka harus dievaluasi dengan memperhitungkan besarnya faktor beban dan lamanya aksi itu bekerja. Perhitungan aksi nominal diubah menjadi aksi rencana dikalikan dengan faktor beban yang digunakan yang digunakan dalam peraturan. Klasifikasi ini

digunakan apabila aksi-aksi rencana digabung satu sama lainnya untuk mendapatkan kombinasi pembebanan yang akan digunakan dalam perencanaan jembatan. Kombinasi beban rencana dikelompokkan ke dalam tiga kelompok, yaitu:

- Kombinasi dalam batas daya layan
- Kombinasi dalam batas daya ultimate
- Kombinasi dalam perencanaan berdasarkan tegangan kerja.

Berdasarkan aksi-aksi yang timbul dalam perencanaan jembatan sesuai peraturan yang ada berikut ini disajikan aksi rencana dan faktor beban yang bekerja.

Tabel 2.1 ringkasan aksi-aksi rencana

Aksi		Lamanya waktu (3)	Faktor beban pada keadaan batas		
Nama	Symbol (1)		Daya layan $K^{\text{lx}}$	Ultimate $K^{\text{ux}}$	
				Normal	Terkurangi
Berat sendiri	$P_{MS}$	Tetap	1.0	(3)	(3)
Beban mati tambahan	$P_{MA}$	Tetap	1.0 / 1.3	2.0 / 1.4	0.7 / 0.8
Susut dan rangkai	$P_{SR}$	Tetap	1.0	1.0	N/A
Prategang	$P_{PR}$	Tetap	1.0	1.0	N/A
Tekanan tanah	$P_{TA}$	Tetap	1.0	(3)	(3)
Beban tetap pelaksanaan	$P_{PL}$	Tetap	1.0	1.25	N/A
Beban lajur "D"	$T_{TD}$	Transient	1.0	2.0	N/A
Beban truk "T"	$T_{TT}$	Transient	1.0	2.0	N/A
Gaya rem	$T_{TS}$	Transient	1.0	2.0	N/A
Gaya sentrifugal	$T_{TR}$	Transient	1.0	2.0	N/A
Beban trotoar	$T_{TP}$	Transient	1.0	2.0	N/A
Beban-beban tumbukan	$T_{TC}$	Transient	(3)	(3)	N/A
Penurunan	$P_{ES}$	Tetap	1.0	N/A	N/A
Temperatur	$T_{ET}$	Transient	1.0	1.2	0.8
Aliran/benda hanyut	$T_{EF}$	Transient	1.0	(3)	N/A
Hidro/daya apung	$T_{EU}$	Transient	1.0	1.0	1.0

Angin	$T_{EW}$	Transient	1.0	1.2	N/A
Gempa	$T_{EQ}$	Transient	N/A	1.0	N/A
Gesekan	$T_{GF}$	Transient	1.0	1.3	0.8
Getaran	$T_{VI}$	Transient	1.0	N/A	N/A
Pelaksanaan	$T_{CL}$	Transient	(3)	(3)	N/A

Keterangan,

1. Simbol yang terlihat hanya untuk beban nominal, simbol untuk beban rencana menggunakan tanda bintang, untuk  $P_{MS}$  = berat sendiri nominal ;  $P^*_{MS}$  = berat sendiri rencana
2. Untuk penjelasan lihat pasal yang sesuai
3. N/A menandakan tidak dapat dipaka, dalam hal ini dimana pengaruh beban transient adalah meningkatkan keamanan dan faktor beban yang cocok adalah 0

### 2.3.1 Aksi dan Beban Tetap

Beban mati jembatan terdiri dari berat masing-masing bagian struktural dan elemen non struktural dimana masing-masing berat elemen ini harus dianggap sebagai aksi yang tidak dipisahkan dan tidak boleh menjadi bagian-bagian pada waktu menerapkan faktor beban biasa dan yang terkurangi.

- Berat Sendiri dan Beban Mati Tambahan

Untuk jembatan rangka baja beban mati yang bekerja adalah berat sendiri dan beban mati tambahan dimana berat sendiri yaitu berat dari bagian bangunan tersebut dan elemen-elemen struktural lain yang dipikulnya sedangkan beban mati tambahan adalah beban yang dapat bervariasi selama umur jembatan seperti sandaran, trotoar, kerb, pagar, pengaman perlengkapan umum (pipa air dan penyaluran) dan lain-lain.

- Tekanan Tanah

Pada bagian pondasi, harus diperhitungkan adanya beban lalu lintas yang bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban adalah setara dengan tanah setebal 60 cm yang bekerja merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut.

Beban ini hanya diterapkan untuk menghitung tanah dalam arah lateral saja.

### 2.3.2. Beban Lalu Lintas

#### a. Beban kendaraan rencana

Aksi kendaraan mempunyai tiga komponen, yaitu:

- Komponen vertikal
- Komponen rem
- Komponen sentrifugal

Beban lalu lintas untuk perencanaan jembatan jalan raya terdiri dari beban lajur "D" dan beban truk "T". Beban lajur "D" ditempatkan melintang pada lebar penuh dari jalan kendaraan dan menghasilkan pengaruh pada jembatan yang ekuivalen dengan suatu iring-iringan kendaraan yang sebenarnya. Jumlah total beban lajur "D" yang bekerja tergantung pada lebar jalur kendaraan itu sendiri. Pembebanan truk "T" adalah kendaraan berat tunggal dengan tiga gandar yang ditempatkan dalam kedudukan sembarang pada lajur lalu lintas rencana. Tiap gandar terdiri dari dua pembebanan bidang kontak yang dimaksudkan agar mewakili pengaruh roda kendaraan berat. Hanya satu truk "T" yang boleh ditempatkan per lajur lalu lintas rencana. Umumnya pembebanan "D" akan menentukan untuk bentang sedang sampai panjang dan pembebanan "T" akan menentukan untuk beban pendek dan sistem lantai.

#### b. Beban lajur "D"

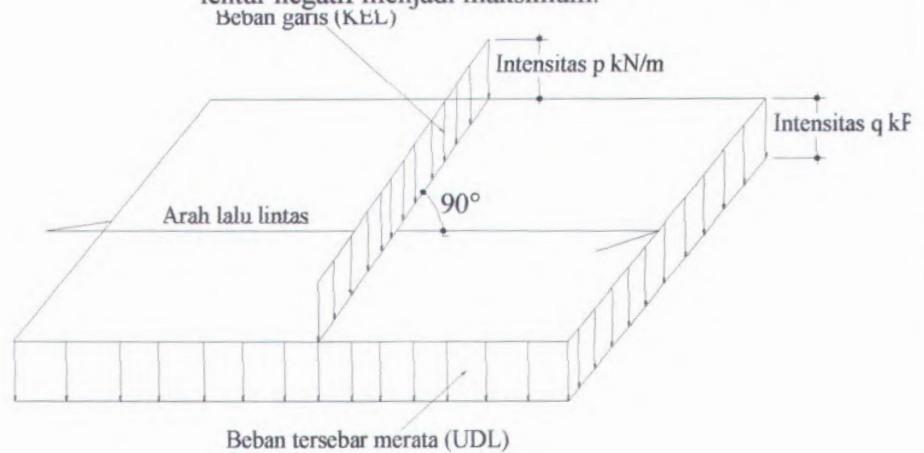
Beban lajur "D" terdiri dari beban tersebar merata (UDL) yang digabung dengan beban garis (KEL)

- Beban terbagi rata (UDL) dengan intensitas  $q$  Kpa dengan  $q$  tergantung pada panjang yang dibebani total ( $L$ ) sebagai berikut:

$$L \leq 30 \text{ m} \quad ; \quad q = 8 \text{ Kpa} \dots\dots\dots (\text{persamaan 3})$$

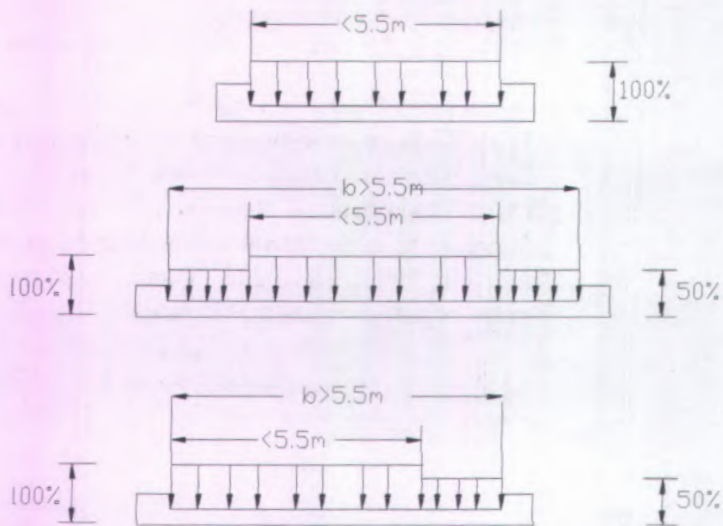
$$L \geq 30 \text{ m} \quad ; \quad q = 8 \left( 0.5 + \frac{15}{L} \right) \text{ kPa... (persamaan 4)}$$

- Beban garis (KEL) sebesar  $P$  kN/m ditempatkan dalam kedudukan sembarang sepanjang jembatan dan tegak lurus pada arah lalu lintas ( $P = 44$  kN/m). Pada bentang menerus, KEL ditempatkan dalam kedudukan lateral sama yaitu tegak lurus arah lalu lintas pada dua bentang agar momen lentur negatif menjadi maksimum.



Gambar 2.3.2 pembebanan "D" pada arah melintang

- Apabila lebar jalur kendaraan jembatan kurang atau sama dengan 5.5 m maka beban "D" harus ditempatkan pada seluruh jalur dengan intensitas beban 100% sedangkan apabila lebar jalur lebih besar dari 5.5 m, beban "D" harus ditempatkan pada dua lajur lalu lintas rencana yang berdekatan dengan intensitas 100% seperti pada sketsa berikut ini



Gambar 2.3.3 Intensitas penyebaran beban "D" arah melintang

c. Faktor Beban Dinamik

Faktor beban dinamis (DLA: dynamic load allowed) merupakan interaksi antara kendaraan yang berjalan dengan jembatan. Besarnya DLA tergantung pada frekuensi dasar dari suspensi kendaraan dan frekuensi dari getaran lentur jembatan. Untuk perencanaan DLA dinyatakan sebagai beban statik ekuivalen. Faktor beban dinamik berlaku pada KEL, lajur "D" dan beban truk "T" untuk simulasi kejut dari kendaraan bergerak pada struktur jembatan.

- Untuk pembebanan truk "T" DLA diambil 0.3
- Untuk pembebanan lajur "D" dan beban garis KEL tergantung dari panjang bentang sebagai berikut:  
 $LE \leq 50\text{ m} : DLA = 0.4 \dots \dots \dots$  (persamaan 5)  
 $50 \leq LE \leq 90\text{ m} : DLA = 0.525 - 0.0025 \dots$  (persamaan 6)  
 $LE \geq 90\text{ m} : DLA = 0.3 \dots \dots \dots$  (persamaan 7)

Untuk bentang tunggal panjang bentang ekuivalen diambil sama dengan panjang bentang sebenarnya. Untuk bentang

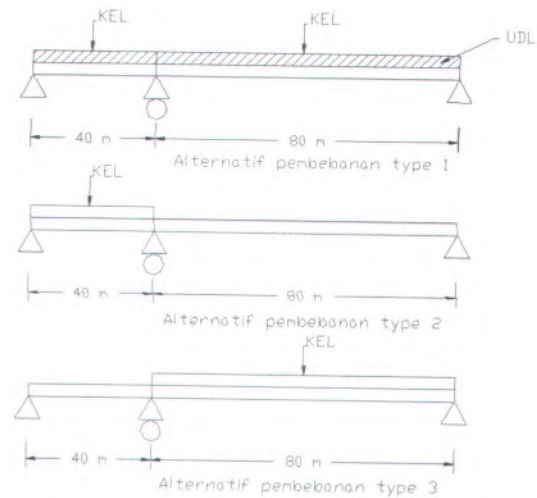
menerus panjang bentang ekivalen LE diberikan dengan rumus  $LE = \sqrt{L_{AV} \times L_{MAX}}$  .....( persamaan 8 )

Keterangan:

$L_{AV}$  : Panjang bentang rata-rata dari kelompok bentang yang disambung secara menerus

$L_{MAX}$ : Panjang bentang maximum dalam kelompok yang disambung secara menerus

Penyebaran beban "D" pada arah melintang harus disusun sedemikian sehingga mendapatkan momen maximum. Penyusunan komponen-komponen UDL dan KEL dari beban "D" arah memanjang dapat dilihat pada gambar sebagai berikut:

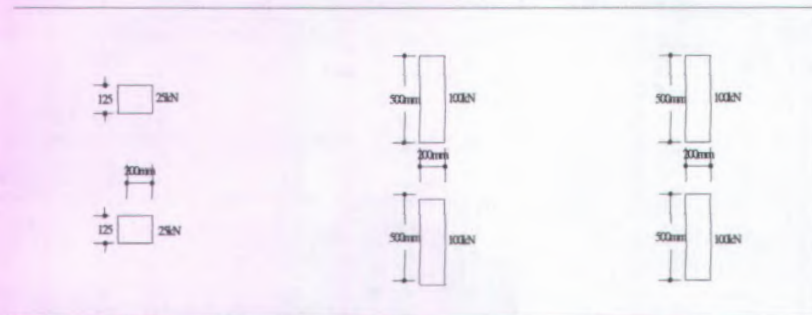
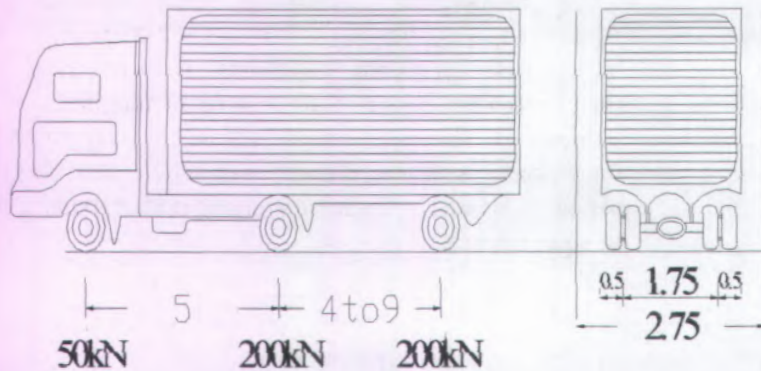


Gambar 2.3.4 Susunan pembebanan "D" arah memanjang

d. Beban Truk "T"

Beban truk adalah suatu kendaraan berat dengan 3As yang ditempatkan pada beberapa posisi dalam lajur lalu lintas rencana. Tiap As terdiri dari 2 bidang kontak

pembebanan yang dimaksud sebagai simulasi pengaruh roda kendaraan berat. Pembebanan truk terdiri dari kendaraan truk semitrailer yang mempunyai susunan dan berat As seperti pada gambar berikut:



Gambar 2.3.5 Pembebanan Truk "T"

Berat dari masing-masing As disebarakan menjadi 2 beban merata sama besar yang merupakan bidang kontak antara roda dengan permukaan lantai, jarak antara 2 As tersebut



bisa diubah ubah antara  $4 \frac{1}{2}$  9m untuk mendapatkan pengaruh tersebar pada arah melintang jembatan. Untuk menyebarkan pembebana truk "T" dalam arah melintang terlepas dari panjang jembatan atau susunan bentang, hanya ada satu kendaraan truk "T" yang bisa ditempatkan pada satu jalur lalu lintas rencana kendaraan. Truk "T" ini harus ditempatkan ditengah-tengah lajur lalu lintas rencana.

e. Gaya Rem

Pengaruh percepatan dan pengereman dari lalu lintas harus diperhitungkan sebagai gaya dalam arah memanjang dan dianggap bekerja pada permukaan lantai kendaraan. Sistem penahan harus direncanakan untuk menahan gaya memanjang tersebut. Tanpa melihat berapa besarnya lebar bangunan gaya memanjang yang bekerja harus diambil dari *gambar 2.9 B.M.S 1992 bag 2 hal 2-31* panjang dari bangunan yang diambil harus sesuai dengan panjang sehubungan sistem penahan memanjang yang diusulkan umumnya sistem penahan akan berkaitan dengan suatu panjang lantai menerus antara sambungan pergerakan. Gaya rem tidak boleh digunakan tanpa beban lalu lintas vertikal yang bersangkutan dalam hal dimana beban lalu lintas vertikal mengurangi pengaruh dari gaya rem maka faktor beban ultimate terkurangi sebesar 0.4 boleh digunakan untuk pengaruh beban lalu lintas vertikal.

f. Beban pejalan kaki

Semua elemen dari trotoar atau jembatan penyeberangan yang langsung memikul pejalan kaki harus direncanakan untuk beban nominal 5 kPa. Jembatan pejalan kaki dan trotoar pada jembatan jalan raya harus direncanakan untuk memikul beban per  $m^2$  dari luas yang dibebani. Apabila trotoar memungkinkan bias digunakan untuk kendaraan ringan atau ternak, maka trotoar harus

direncanakan untuk bisa memikul beban hidup terpusat sebesar 20 KN.

### 2.3.3. Aksi Lingkungan

#### a. Penurunan

Jembatan harus direncanakan untuk bisa menahan terjadinya penurunan yang diperkirakan, termasuk perbedaan penurunan, sebagai aksi daya layan. Pengaruh penurunan mungkin bisa dikurangi dengan adanya rangkai dan interaksi pada struktur tanah.

#### b. Beban Angin

Gaya nominal ultimate dan daya layan jembatan akibat angin tergantung kecepatan angin rencana seperti berikut:

$$T_{cw} = 0.0006 \times C_w \times V_w^2 \times A_b \dots\dots\dots kN$$

Dimana:

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/dt) untuk keadaan batas yang ditinjau

$C_w$  = Koef seret yang besarnya tergantung dari perbandingan dari lebar total jembatan dengan tinggi bangunan atas termasuk tinggi bagian sandaran yang masif (b/d) lihat tabel 2.9

$A_b$  = Luas koef bagian samping jembatan ( $m^2$ )

#### c. Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa rencana hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate, beban rencana gempa minimum diperkirakan seperti berikut

$$T_{EQ} = K_H \times I \times W_T \quad (\text{persamaan 10})$$

Dimana :

$T_{EQ}$  = Gaya geser total dalam arah yang ditinjau (kN)

$K_H$  =  $C \times S$

$K_H$  = Koef beban gempa horizontal

C = Koef geser dasar untuk daerah waktu dan kondisi setempat yang sesuai dengan zone gempa (untuk bali masuk zone gempa 4 seperti gambar 1 S.N.I 03 - 1726 - 2002 dimana C tergantung pada waktu getar (T))

I = Faktor kepentingan, lihat tabel 2.13 B.M.S bag 2 hal 2-50

S = Faktor tipe bangunan lihat tabel 2.13 B.M.S bag 2 hal 2-51

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{W_{TP}}{g \times K_p}}$$

Dimana :

T = Waktu getar (detik)

g = Percepatan gravitasi (m/dt<sup>2</sup>)

W<sub>TP</sub> = Berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati tambahan setengah berat pilar (bila perlu pertimbangkan).....kN

K<sub>p</sub> = Kekakuan gabungan sebagai gaya horizontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu satuan lendutan pada bagian atas pilar

$$(kN/m) = 3 \frac{EI}{L^3}$$

#### d. Pengaruh Temperatur

Pengaruh temperatur dibagi menjadi 2 yaitu:

- Variasi temperatur jembatan rata-rata.
- Variasi temperatur di dalam bangunan atas jembatan (perbedaan temperatur).

Variasi temperatur jembatan rata-rata digunakan dalam menghitung beban akibat terjadinya pengekangan dari pergerakan tersebut.

Variasi temperatur rata-rata berbagai tipe bangunan jembatan diberikan dalam tabel 1.4.

Besarnya harga koefisien perpanjangan dan modulus elastisitas yang digunakan untuk menghitung besarnya pergerakan dan gaya yang terjadi diberikan dalam tabel 1.5.

Tabel 1.4 Temperatur Jembatan Rata-rata Nominal

Tipe bangunan atas	Temperatur jembatan rata-rata minimum (1)	Temperatur jembatan rata-rata maksimum
Lantai beton diatas gelagar atau box beton	15 °C	40 °C
Lantai beton diatas gelagar, box atau rangka baja	15 °C	40 °C
Lantai pelat baja diatas gelagar, box atau rangka baja	15 °C	45 °C

Catatan : Temperatur jembatan rata-rata minimum bisa dikurangi 5°C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan laut.

Tabel 1.3 Sifat bahan rata-rata akibat pengaruh temperatur

Bahan	Koefisien perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas MPa
Baja	$12 \times 10^6$ per °C	200.000
Beton :		

Kuat tekan < 30 MPa	10 x 10 <sup>6</sup> per °C	25.000
Kuat tekan > 30 MPa	11 x 10 <sup>6</sup> per °C	34.000
Aluminium	24 x 10 <sup>6</sup> per °C	70.000

#### 2.3.4. Aksi-aksi Lainnya

##### a. Gaya Gesekan

Jembatan harus ditinjau terhadap gaya yang timbul akibat gesekan pada tumpuan yang bergerak karena adanya pemuaian dan penyusutan dari jembatan akibat dari perbedaan suhu atau akibat yang lainnya. Gaya gesek yang timbul hanya ditinjau akibat beban mati saja, sedangkan besarnya gaya gesek tersebut ditentukan berdasarkan koefisien gesek pada tumpuan yang bersangkutan.

##### b. Kombinasi Beban

Aksi rencana digolongkan ke dalam aksi tetap dan aksi transient. Kombinasi beban umumnya didasarkan kepada beberapa kemungkinan tipe yang berbeda dari aksi yang bekerja bersamaan. Aksi rencana ditentukan dari aksi nominal yaitu mengalikan aksi nominal dengan faktor beban yang memadai. Faktor beban untuk keadaan batas *ultimate* didasarkan kepada umur rencana jembatan 50 tahun.

## **BAB III METODOLOGI**

### **3.1. Pengumpulan Data**

Data-data yang diperlukan untuk perencanaan adalah sebagai berikut :

#### **3.1.1 Data Lokasi Jembatan**

Jembatan Kali Berek berada di Kabupaten Malang. Jembatan ini berada pada Jalur Lintas selatan yang melintas pada Sungai Kali Berek yang terletak pada Dusun Wonogoro, Desa Tumpak Rejo, Kecamatan Gedangan, Kabupaten Malang.

#### **3.1.2 Data Existing Jembatan**

Jembatan Kali Berek mempunyai bentang 120 m. Lebar dasar sungai adalah 53 m. Jembatan ini dibagi menjadi 3 bentang masing – masing 40 m. Jembatan ini menggunakan konstruksi beton pratekan dengan 2 pilar, 2 kepala jembatan dan menggunakan pondasi sumuran.

Selanjutnya pada Tugas Akhir ini akan dimodifikasi menjadi 2 bentang, masing – masing 40 m dengan sistem rangka baja terbuka dan 80 m dengan sistem rangka baja berbentuk busur.

#### **3.1.3 Data tanah**

Tanah dilokasi jembatan ini mempunyai daya dukung yang cukup tinggi. Hal ini disebabkan karena lokasi jembatan yang berada di wilayah dataran tinggi dan mempunyai tekstur batuan. Dari hasil penelitian (sondir), pada kedalaman 2 m dari muka tanah, tekanan konus dapat mencapai  $46.70 \text{ kg/cm}^2$ .

#### **3.1.4 Data Hidrologi**

Dari perhitungan debit, didapatkan debit maksimum untuk banjir 50 tahunan adalah  $863.764 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Muka air normal berada pada 6.64 m dibawah jembatan existing. Sedangkan muka air banjir mempunyai elevasi 3.39 m dibawah jembatan existing.

### 3.2. Metode Pembebanan

Berdasarkan BMS 1992, aksi-aksi (beban, perpindahan dan pengaruh lainnya) dikelompokkan menurut sumbernya kedalam beberapa kelompok, yaitu :

#### 1. Beban Mati

##### a. Berat sendiri

Berat bahan dan bagian jembatan yang merupakan elemen struktural, ditambah dengan elemen non structural yang dianggap tetap.

##### b. Berat mati tambahan

Berat seluruh bahan yang membentuk suatu beban pada jembatan yang merupakan elemen non structural, dan mungkin besarnya berubah selama umur jembatan.

##### c. Tekanan tanah

Pada bagian pondasi, harus diperhitungkan adanya beban lalu-lintas bekerja pada bagian daerah keruntuhan aktif teoritis. Besarnya beban adalah setara dengan tanah setebal 60 cm yang bekerja merata pada bagian tanah yang dilewati oleh beban lalu lintas tersebut. Beban ini hanya diterapkan untuk menghitung tanah dalam arah lateral saja.

#### 2. Beban Hidup / Lalu - lintas

##### A. Lajur Lalu lintas

##### B. Beban lajur "D"

##### C. Pembebanan Truk "T"

##### D. Pembebanan Lalu lintas yang dikurangi

##### E. Faktor beban dinamis

##### F. Gaya Rem

##### G. Gaya Sentrifugal

##### H. Pembebanan pada pejalan kaki

Beban - beban ini secara rinci telah dibahas dalam bab II Tinjauan Pustaka

#### 3. Aksi Lingkungan

##### A. Penurunan

Penurunan dapat diperkirakan dari pengujian yang dilakukan terhadap bahan pondasi yang digunakan dan bila tidak dilakukan pengujian maka besar penurunan diambil sebagai asumsi, yang asumsi tersebut nilainya merupakan batas atas dari penurunan yang akan terjadi.

Batas perbedaan penurunan yang dianjurkan adalah:

- Penurunan merata dari satu pilar atau abutment yang menyebabkan penurunan pada lantai jembatan :
  - penurunan maksimum = bentang/200 untuk bentang sederhana
  - penurunan maksimum = bentang/300 untuk bentang menerus
- Penurunan tidak merata dari satu sisi atau abutment yang menyebabkan puntir pada lantai jembatan :
  - puntir maksimum (radius) = bentang/4000 untuk jembatan pelat dan gelagar I.
  - puntir maksimum (radius) = bentang/10000 untuk jembatan jenis box.

#### B. Pengaruh temperatur

Pengaruh temperatur dibagi 2 :

- Variasi pada temperatur jembatan rata-rata yaitu digunakan dalam menghitung pergerakan pada perletakan dan sambungan pelat lantai.
- Variasi temperatur didalam bangunan atas jembatan, yaitu variasi perbedaan suhu oleh pemanasan langsung sinar matahari diwaktu siang pada bagian atas permukaan lantai dan pelepasan kembali radiasi di waktu malam.

Tabel 3.2.1. Nilai temperatur untuk tiap type jembatan

Type jembatan atas	Temperatur rata-rata minimum (1)	Temperatur rata-rata maksimum
--------------------	----------------------------------	-------------------------------



Lantai beton diatas gelagar atau box beton	15 °C	40 °C
Lantai beton diatas gelagar, box atau rangka baja	15 °C	40 °C
Lantai pelat baja diatas gelagar, box atau rangka baja	15 °C	45 °C

Catatan :

(1) Temperatur rata-rata minimum bisa dikurangi 5° C untuk lokasi yang terletak pada ketinggian lebih besar dari 500 m diatas permukaan air laut.

Tabel 3.2.2. Nilai koefisien Perpanjangan dan Nilai (E)

Bahan	Koef. Perpanjangan akibat suhu	Modulus Elastisitas (MPa)
Baja	$12 \times 10^{-6}$ per °C	200000
Beton :		
Kuat tekan < 30 MPa	$10 \times 10^{-6}$ per °C	25000
Kuat tekan < 30 MPa	$10 \times 10^{-6}$ per °C	34000
Alumunium	$24 \times 10^{-6}$ per °C	7000

### C. Gaya Aliran Air

Gaya seret nominal ultimate dan daya layan pada pilar akibat aliran air tergantung pada kecepatan sebagai berikut :

$$T_{EF} = 0,5 \times C_D \times V_S \times A_D \text{ (kN)}$$

Dimana :

$C_D$  = koefisien seret

$V_S$  = kecepatan air rata-rata (m/dt) pada keadaan batas yang

ditinjau, dalam hal ini kecepatan batas harus dikaitkan dengan periode ulang dalam tabel 2.4.

$A_D$  = Luas proyeksi pilar tegak lurus arah aliran ( $m^2$ ) dengan tinggi sama dengan kedalaman aliran, lihat gambar 2.8.

Tabel 3.2.3. Nilai Faktor beban dan Periode ulang banjir tahunan

Keadaan Batas	Periode Banjir Ulang	Faktor Beban
Daya layan untuk semua jembatan	20 Tahun	1.0
Jembatan besar dan penting (1)	100 Tahun	2.0
Jembatan permanen	50 Tahun	1.5
Gorong-gorong (2)	50 Tahun	1.0
Jembatan Sementara	20 Tahun	1.5

Catatan :

- (1) Jembatan besar dan penting harus ditentukan oleh instansi yang berwenang.
- (2) Gorong-gorong tidak dikategorikan di dalam bangunan drainase atau irigasi

- Bila Pilar tipe dinding membutuhkan sudut dengan arah aliran, gaya angkat melintang cukup besar akan semakin meningkat. Harga nominal dari gaya-gaya ini, dalam arah tegak lurus gaya seret adalah :

$$T_{EF} = 0,5 \times C_L \times V_s \times A_L \quad (\text{kN})$$

Dimana :

$C_L$  = koefisien angkat (gambar 2.7)

$A_L$  = luas proyeksi pilar sejajar arah aliran ( $m^2$ ), dengan tinggi sama



dengan kedalaman aliran  
(gambar 2.8)

- Apabila bangunan atas dari jembatan terendam, koefisien seret bekerja di sekeliling bangunan atas, yang diproyeksikan tegak lurus arah aliran bisa diambil  $C_D = 2,2$ .

Kecuali apabila data yang lebih tepat tersedia. Untuk jembatan terendam, gaya angkatnya meningkat dengan cara yang sama seperti pilar tipe dinding. Perhitungan gaya angkat tersebut adalah sama, kecuali bila besarnya  $A_L$  diambil sebagai luas dari daerah luas lantai jembatan

#### D. Beban Angin

- Gaya nominal ultimate dan gaya layan jembatan akibat angin tergantung dari kecepatan angin rencana sebagai berikut :

$$T_E = 0,0006 \times C_W \times (V_W) \times A_B \text{ (kN)}$$

Dimana :

$$V_W = \text{kecepatan angin rencana (m/dt)}$$

untuk keadaan batas yang

ditinjau.

$$C_W = \text{koefisien seret (tabel 2.5).}$$

$$A_B = \text{luas ekuivalen bagian}$$

samping jembatan ( $m^2$ ).

Tabel 3.2.4. Nilai koefisien Seret ( $C_w$ )

Type Jembatan	$C_w$
Bagian atas massif ; (1), (2)	
$b/d = 1,0$	2,1 (3)
$b/d = 2,0$	1,5 (3)
$b/d = 6,0$	1,25 (3)
Bangunan Atas Rangka	1,2

atatan :

- (1)  $b$  = lebar keseluruhan jembatan dihitung dari sisi luar sandaran  
 $d$  = tinggi bangunan atas, termasuk tinggi bagian sandaran masif
- (2) untuk harga  $b/d$  bisa diinterpolasi linear.
- (3) Apabila bangunan atas mempunyai superelevasi,  $C_w$  harus dinaikkan sebesar 3 % untuk setiap derajat superelevasi dengan kenaikan maksimum 25 %.

Tabel 3.2.5. Kecepatan angin sesuai letak jembatan

Keadaan batas	Sampai 5 km dari pantai	> 5 km dari pantai
Daya layan	30 m/s	25 m/s
Ultimate	35 m/s	30 m/s

- Luas Ekuivalen bagian samping jembatan adalah luas total bagian masif dalam arah tegak lurus sumbu jembatan arah memanjang. Untuk jembatan rangka, luas ekuivalen ini dianggap 30 % dari luas yang dibatasi oleh batang-batang bagian luar.
- Apabila suatu kendaraan sedang berada diatas kendaraan, beban garis merata tambahan arah horizontal harus ditetapkan pada permukaan lantai diberikan rumus :

$$T_{EW} = 0,0012 \times C_w \times (V_w)^2 \text{ (kN)}$$

#### E. Pengaruh Gempa

Pengaruh gempa hanya ditinjau pada keadaan batas ultimate. Pada metode beban statis ekuivalen untuk beban rencana gempa minimum dipakai rumus:

$$T_{EQ} = K_h \times I \times W_T$$

Dimana :

$$K_h = C \times S$$

$T_{EQ}$  = gaya geser dasar total dalam arah yang ditinjau (kN)

$K_h$  = koefisien gempa horizontal.

$W_T$  = Berat total nominal bangunan yang mempengaruhi percepatan gempa, diambil sebagai beban mati ditambah beban mati tambahan (kN)

$I$  = Faktor kepentingan (tabel 2.7)

$C$  = Koefisien gempa dasar untuk daerah waktu dan kondisi setempat yang sesuai (gambar 2.10).

$S$  = Faktor type bangunan.

Tabel 3.2.6. Harga I minimum untuk tiap jenis jembatan

Klarifikasi	Harga I minimum
Jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan perhari, jembatan pada jalan raya atau arteri dan jembatan dimana tidak ada rute alternative	1,2
Seluruh jembatan permanen lain dimana rute alternatif tersedia, tidak termasuk jembatan yang direncanakan untuk mengurangi pembebanan lalu-lintas	1,0
Jembatan sementara dan jembatan yang direncanakan untuk mengurangi pembebanan lalu-lintas pada muatan jembatan kelas II atau BM 70	0,8

- besarnya "S" dapat diambil antara 1 sampai 3, untuk jembatan tidak besar dengan satu atau dua bentang dapat diambil  $S = 3$ .

- Untuk pilar tinggi berat pilar bisa menjadi cukup besar untuk mengubah respons bangunan menjadi gerakan gempa, apabila berat pilar lebih besar dari 20 % berat total, maka beban statis ekuivalen arah horizontal pada pilar harus disebarakan sesuai dengan gambar 2.9.

#### 4. Pembebanan pada Bangunan Bawah

##### a. Kepala Jembatan (*Abutment*)

Kepala jembatan (*abutment*) adalah suatu bangunan atau bagian dari konstruksi jembatan yang meneruskan beban mati dan beban hidup dari bangunan atas ke pondasi.

Adapun gaya yang membebani *abutment* meliputi :

1. Beban hidup dan beban mati dari bangunan atas jembatan ( $t/m$ ).
2. Gaya mendatar akibat geseran dari penahanan gerak ( $t/m$ ).
3. Gaya tekanan tanah ( $t/m$ ).
4. Berat dari *abutment* itu sendiri ( $t/m$ ).
5. Gaya Angkat ( $t/m$ ).
6. Reaksi tanah ( $t/m^2$ ).

##### b. Pilar (*Pier*)

Merupakan suatu bangunan yang berfungsi meneruskan beban dari bangunan atas ke tanah pondasi. Bentuk dari pilar bervariasi sesuai dengan penempatannya. Dapat diartikan bahwa pilar pada aliran sungai tidak boleh menghambat aliran air pada waktu banjir dan pada waktu air normal. Pada aliran sungai pilar baiknya dipilih berbentuk bulat telur yang selangsing mungkin.





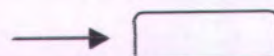

Gaya luar yang bekerja pada pilar berbeda dengan kepala jembatan, gaya yang perlu diperhatikan adalah gaya luar yang bekerja searah

sumbu jembatan dan gaya tegak lurus sumbu jembatan.

Tekanan atas air pada saat banjir didapat dengan persamaan sebagai berikut :

$$P_R = K.Vf^2 + \left( \frac{Ba'+Bb'}{2} . Hf \right)$$

Tabel 3.2.7. Nilai konstanta untuk tiap bentuk pilar

Bentuk Bagian Ujung Pilar Searah Dengan Aliran Air	Konstanta
	0,07
	0,04
	
	
	
	0,02

Dimana :

K = Faktor yang tergantung kepada bentuk pilar.

Vf = Kecepatan aliran terbesar waktu banjir (m/dt).

Ba' = Lebar bangunan pada titik a' (m).

Bb' = Lebar bangunan pada titik b' (m).

Hf = Kedalaman air banjir rencana dengan mempertimbangkan penggerusan (m)

### c. Pondasi Sumuran

Pondasi sumuran cocok digunakan pada daerah yang memiliki daya dukung tanah yang baik. Pada Tugas Akhir ini menggunakan pondasi sumuran dengan pertimbangan bahwa, pada kedalaman sekitar 3 m telah didapatkan daya dukung tanah yang baik.

### 3.3. Metode Perhitungan

Konsep perhitungan kekuatan struktur baja yang digunakan adalah dengan metode LRFD (*Load and Resistance Factor Design*). Dimana kekuatan yang disediakan oleh struktur yang sudah dikalikan faktor pengurangan kekuatan (*resistance*) paling tidak sama dengan beban-beban yang ada dikalikan faktor beban.

Rencana desain melalui beberapa tahapan, yaitu :

- Penentuan mutu komponen yang akan dipergunakan.
- Analisa Pembebanan.
- Penentuan Jenis Komponen yang akan dipergunakan.
- Perhitungan komponen sekunder dari jembatan, antara lain : pipa sandaran, kerb, trotoar dan plat lantai kendaraan.
- Perhitungan struktur utama jembatan, antara lain :
  - a. Perhitungan gelagar melintang.
  - b. Perhitungan gelagar memanjang.
  - c. Perhitungan struktur rangka batang.
- Perhitungan sambungan.
- Perhitungan Abutment dan Pilar.

Kontrol perencanaan struktur dengan syarat-syarat yang sudah ditentukan.

Berdasarkan metode LRFD, maka struktur baja harus mampu memikul beban – beban seperti tersebut diatas dengan kombinasi sebagai berikut :

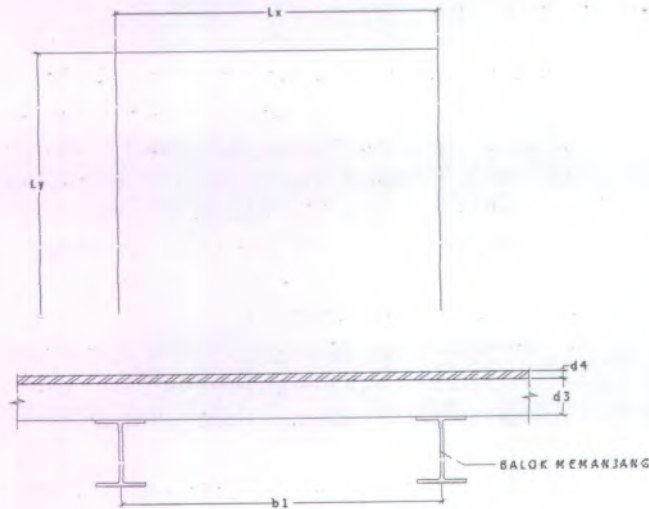
- $1,4 D$
- $1,2 D + 1,6 L + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- $1,2 D + 1,6 (L_a \text{ atau } H) + (\gamma_{LL} \text{ atau } 0,8 W)$



- $1,2 D + 1,3 W + \gamma_{LL} + 0,5 (L_a \text{ atau } H)$
- $1,2 D + 1,0 E + \gamma_{LL}$
- $0,9 D - (1,3 W \text{ atau } 1,0 E)$

### 3.3.1. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan

Dimana untuk perencanaannya dianggap ebagai pelat 1 arah, menerus pada balok memanjang.



Gambar 3.3.1.1. Perencanaan Pelat Lantai  
 $L_y/L_x > 2$  (dianggap pelat 1 arah)

#### Faktor Beban

- Beton cor ditempat  $K_{MS}^U = 1,3$
- Muatan truk T  $K_{TT}^U = 2,0$

#### Beban mati

- berat sendiri pelat  $= d3 \cdot \gamma \text{ beton} \cdot K_{MS}^U$
- berat aspal  $= d4 \cdot \gamma \text{ aspal}$

$$q_{Mu} =$$

(kNm)

**Beban hidup T**

$$- TU = 100 \cdot (1 + 0.3) \cdot 2$$

**Perhitungan Momen**

$$\text{Beban Mati} : (1/10) \cdot q_{Mu} \cdot (b_1)^2$$

$$\text{Beban Hidup} : 0.8 \cdot (S + 0.6) \cdot TU / 10$$

$$\text{MU} : \dots\dots\dots$$

**Kontrol Geser**

$$\text{Gaya geser (V)} = K_{UTT} \cdot 100 \cdot (1 + 0.3)$$

Kemampuan geser ( $V_u$ ) =  $A_k \cdot \text{Tegangan Geser} \rightarrow A_k$   
= luas bidang kritis

Gaya Geser harus  $< V_u$

**Penentuan penulangan pelat lantai Arah  $L_x$ ,  $L_y$  dan  $t_x$** 

- Perencanaan tebal pelat lantai kendaraan didasarkan pada perumusan Manual BMS (BDM) 1992 hal 5.2. yaitu  $200 \leq D \leq 100 + 0,04 L$

-  $d = 250 - (40 + \frac{1}{2} \cdot \phi \text{ tul.})$

$$- \frac{Mu}{b \cdot d^2}$$

$$- \rho b = \frac{0,85 \cdot f_c'}{320} \times \beta_1 \cdot \left( \frac{600}{600 + f_y} \right)$$

$$- \rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho b \quad ; \quad \rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y}$$

$$- \rho = \frac{K_C^R \cdot f_{sy} - \sqrt{\left( K_C^R \cdot f_{sy} \right)^2 - 2,4 \cdot K_C^R \cdot \left( \frac{Mu}{bd^2} \right) \cdot \left( \frac{f_{sy}^2}{f_c'} \right)}}{1,2 \cdot K_C^R \cdot \left( \frac{f_{sy}^2}{f_c'} \right)}$$

$$- A_s = \rho \cdot b \cdot d \quad ;$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_s \text{ perlu}}$$

### 3.3.2. Penentuan Kekuatan Balok Memanjang

Balok memanjang difungsikan untuk memikul beban lentur atau lateral dengan perletakan sederhana, dimana balok memanjang dihubungkan dengan "simple connection" pada balok. Melintang.

Didalam Perencanaan dimana untuk perhitungan balok memanjang yang menumpu plat lantai kendaraan, Penentuan Penggunaan profil baja yang akan digunakan, dimana harus diketahui informasi mengenai :

W:	kg/m'
A:	mm
B:	mm
tw:	mm
tf:	mm
r:	mm
F:	cm <sup>2</sup>
h :	cm

#### A. Analisa Mekanika

##### 1. Beban mati

- berat aspal =  $d_4 \gamma_{aspal} \cdot b_1$  (kN/m')
  - berat beton =  $d_3 \gamma_{beton} \cdot b_1 \cdot LF$  (kN/m')
  - berat sendiri balok = ..... x LF
  - berat bekisting =  $0,5 \cdot b_1 \cdot LF$  (ditaksir  $50 \text{ kg/m}^2$ )
- 
- $q_{Mu}$  = .....

Momen lentur pada tengah bentang:  $M_D = 1/8 \cdot q_{Mu} \cdot \lambda^2$  kN/m'

##### 2. beban hidup

Dengan Perhitungan Garis Pengaruh untuk menentukan koefien beban.

- **Beban Merata (UDL):**  $\lambda = L < 30$  m dimana besar  $q = 8 \text{ kPa} = 8 \text{ kN/m}^2$   
dan  $q_{L1} = q \cdot b_1$  ( kN/m )
- **Beban Garis (KEL)** ,  $p = 44 \text{ kN/m}$  , Beban KEL harus diperbesar dengan DLA (Dynamic Load Allowance) untuk memperhitungkan pengaruh dinamik, dimana

persamaan untuk Balok memanjang menjadi  $P = (1 + DLA) \cdot b_1 \cdot P$  (kN)

Dengan Anaslias Garis Pengaruh, didapat Momen Maksimal sebesar =

$$M_{L1} = P \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda + q_{L1} \cdot \frac{1}{8} \cdot \lambda^2 \text{ (kN.m)}$$

Hasil momen maksimal dibandingkan dengan momen akibat beban T, dipilih yang terbesar.

- **Beban Akibat Truk " T "**

dimana Beban T sebesar 100 kN, dengan faktor DLA sebesar 30 %, dengan Garis Pengaruh diperoleh Momen Maksimal sebesar :

$$M_{L2} = T \cdot (1 + 0,3) \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \text{ (kN.m)}$$

**B. Kontrol Dimensi**

a. Kontrol Lendutan

$$\bar{y} = \frac{L}{360} = \frac{600}{360} = 1,67$$

$$y^{\circ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

Dimana  $\bar{y} < y^{\circ}$

b. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap : } \frac{bf}{2 \cdot tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}} \quad \text{Pelat Badan :}$$

$$\frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

Penampang kompak  $M_{nx} = M_{px}$

Dimana  $M_p$  = kekuatan momen plastis;  $Z \cdot F_y$

$Z$  = Modulus plastis

$F_y$  = tegangan leleh yang ditentukan.

(Struktur Baja Desain dan Perilaku, C.G Salmon 7.4.2. hal 426)

Penampang Non Kompak  $M_n = M_r = (F_y - F_r) \cdot S$

(Struktur Baja Desain dan Perilaku, C.G Salmon 7.4.3. hal 426)

c. Kontrol Lateral Buckling (LRFD 8.3)

Apabila balok mengalami gaya gravitasi, maka balok akan melentur, dimana pada profil bagian bawah akan mengalami tarik, sedangkan pada bagian atas balok akan mengalami tegangan tekan. Untuk mendapatkan kemampuan maksimal dari balok tersebut, maka  $I_x$  harus lebih besar dari  $I_y$ . Pada kondisi  $I_x > I_y$ , maka akan terjadi perlemahan terhadap tekuk kesamping (arah sumbu  $y$ ). kondisi seperti ini disebut dengan tekuk lateral (*Lateral Buckling*).

Beban yang menyebabkan terjadinya tekuk lateral pada umumnya jauh lebih kecil dibandingkan dengan beban yang menyebabkan kegagalan lentur vertikal. Untuk mengatasi terjadinya tekuk lateral maka diperlukan adanya suatu penahan lateral, seperti pada gb. Yang memberikan suatu gambaran mengenai metode penahanan lateral terhadap suatu gaya tekuk.

$L_b$  = Jarak Penahan Lateral

$$- L_b \leq L_p = 1,76 \cdot i_y \cdot \sqrt{\frac{E}{f_y}}; \text{ termasuk bentang}$$

pendek, sehingga  $M_n = M_p$

$$- L_p \leq L_b \leq L_r; \text{ termasuk bentang menengah, sehingga kuat nominal komponen struktur terhadap momen lentur adalah}$$

$$M_n = C_b (LRFD 8.3.1) \left[ M_r + (M_p - M_r) \frac{(L_r - L)}{(L_r - L_p)} \right] \leq M_p$$

- $L_r \leq L_b$  ; termasuk bentang panjang, kuat nominal komponen terhadap lentur adalah  $M_n = M_{cr} \leq M_p$  (dimana  $M_{cr}$  ditentukan didalam LRFD tabel 8.3-1)

d. Kontrol Geser

- $\frac{h}{tw} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}}$  ; dengan  $k_n = 5 + \frac{5}{(a/h)^2}$  ,kuat

geser nominal pelat badan harus diambil seperti ditentukan dalam butir LRFD 8.8.3

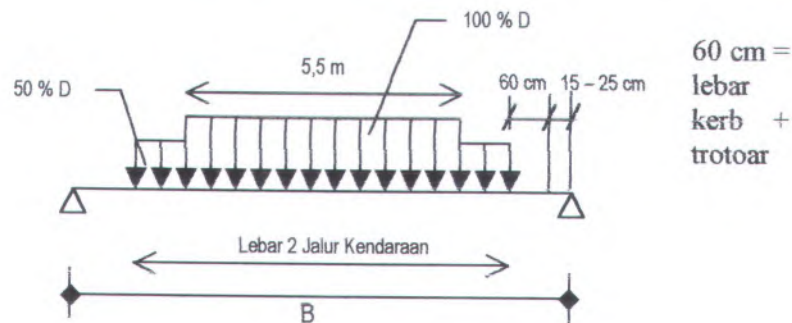
- $1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}} \leq \frac{h}{tw} \leq 1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}}$  ,kuat geser

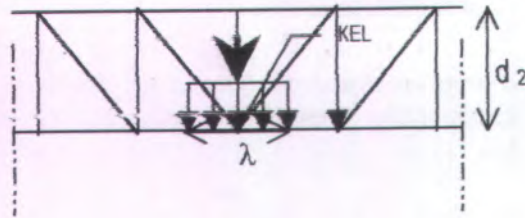
nominal pelat badan harus diambil seperti ditentukan dalam butir LRFD 8.8.4

- $1,37 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}} \leq \frac{h}{tw}$  ,kuat geser nominal pelat badan

harus diambil seperti ditentukan dalam butir LRFD 8.8.5

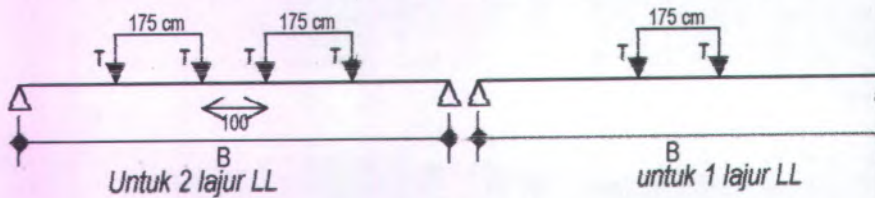
### 3.3.3. Penentuan Kekuatan Balok Melintang





$B =$  lebar 2 jalur kendaraan + ( 2x lebar kerb + trotoar )  
 Beban "D" yang dipikul oleh 1 balok melintang.

Dalam arah melintang perlu ditinjau beban T dan kedudukannya.



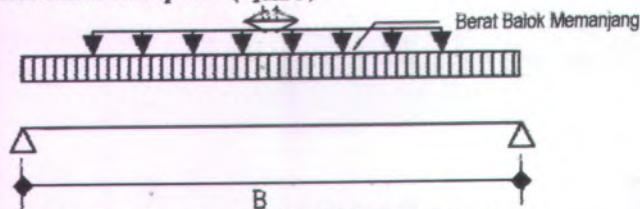
Gambar 3.3.3.1. Beban UDL dan KEL

Dari perhitungan momen dari kondisi kedua diatas dipilih yang memberikan  $M_{max}$  terbesar

#### A. Perhitungan Mekanika

##### i. Beban mati ( $q_M$ )

##### Sebelum komposit ( $q_{Mst1}$ )



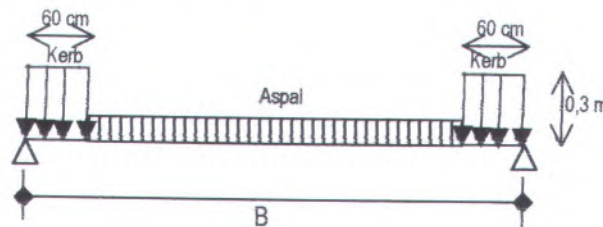
Gambar 3.3.3.2. Beban Sebelum Komposit

- Berat balok memanjang =  $(q_{WF} \cdot \lambda) / b_1$  Lfkn/m
  - Berat balok melintang = ..... x LF
  - Berat pelat beton =  $\lambda \cdot \gamma_{beton} \cdot d_3 \cdot LF$
  - Berat bekisting = ..... x LF
- $$q_{Mu1} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} \text{ kN/m}$$

$$M_{qMu1} = 1/8 \cdot q_{Mu1} \cdot B^2 \text{ (kN.m)}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_{qM1}}{W_x} \leq \sigma_{baja}$$

**Sesudah komposit :  $q_{Mu2}$**



- berat aspal =  $\lambda \cdot d_4 \cdot \gamma_{aspal}$  (kN/m)
  - berat kerb =  $0,3 \cdot \lambda \cdot \gamma_{beton} \cdot LF$  (kN/m)
- $$q_{Mu2} = \frac{\text{.....}}{\text{.....}} \text{ kN/m}$$

$$M_{qMu2} = 1/8 \cdot q_{Mu2} \cdot B^2 \text{ (kN.m)}$$

$$\sigma_1 = \frac{M_{qM2}}{W_x} \leq \sigma_{baja}$$

*Gambar 3.3.3.3 Beban setelah komposit*

## 2. Beban Hidup ( $q_H$ )

Beban T (lihat gbr. 3.3.3.1)

$T \cdot 2 \cdot (1 + DLA) \rightarrow DLA = 0.3$

MT = .....

Beban hidup untuk gelagar melintang adalah beban D yaitu

1. Beban merata (UDL),  $q = 8 \times \lambda$  (kN/m)

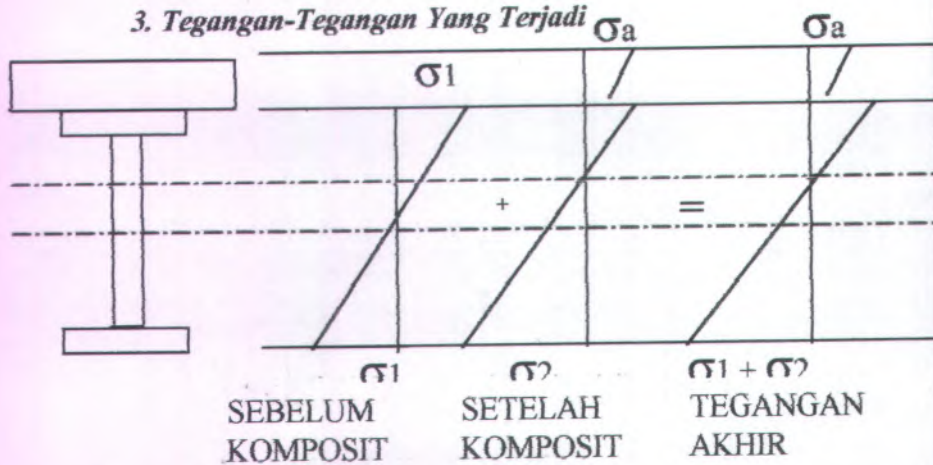
2. Beban Garis (KEL),  $p = 44 (1 + DLA)$  kN/m

Dimana besar DLA dihitung atas dasar bentang jembatan (L)



$$M (p+q) = \dots\dots\dots$$

Hasil perhitungan Momen tersebut diambil yang terbesar.



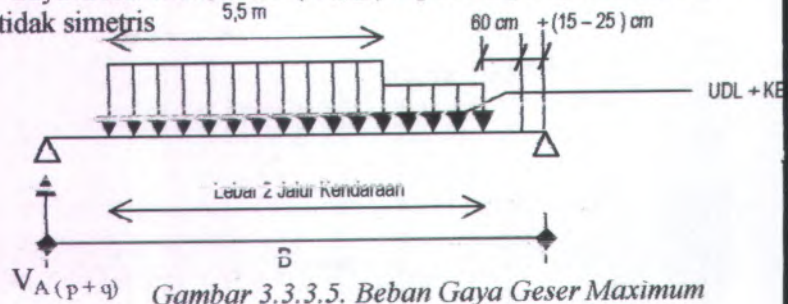
Gambar 3.3.3.4 diagram tegangan

**4. Kontrol KIP (Lateral torsional buckling)**

Pada profil komposit, gerak ke samping sayap atas ditahan oleh Shear Connector yang sangat rapat, sehingga panjang tekuk ke samping kecil → tidak menentukan.

**5. Gaya Geser Maksimum**

Gaya Geser Maksimum ( $\tau_{maks}$ ) diperoleh jika jumlah UDL KEL tidak simetris



Untuk menghitung :

1. Sambungan balok melintang ke rangka dan menjadi beban pada rangka

$$V_1 = V_{A(qM1)} + V_{A(qM2)} + V_{(p+q)}$$

Jika diasumsikan diterima badan WF, maka

$$\tau^{\circ}_{maks} = \frac{V_1}{A_{badan}} = \frac{V_1}{h.t_b} \leq \bar{\tau}_{baja}$$

jika tidak mencukupi maka nilai  $V_{(p+q)}$  dan  $V_{A(qM2)}$  bisa dipertimbangkan dipikul profil komposit, maka besar tegarangan geser yang terjadi menjadi :

$$\tau^{\circ}_{maks} = \frac{(V_{(p+q)} + V_{A(qM2)})Q}{I_{komposit}.t_b} + \frac{V_{A(qM1)}}{h.t_b} \leq \bar{\tau}_{baja}$$

dimana Q = momen statis terhadap gr. Netral

2. Penentuan Jumlah Shear Conector, dimana juga menentukan Shear Flow

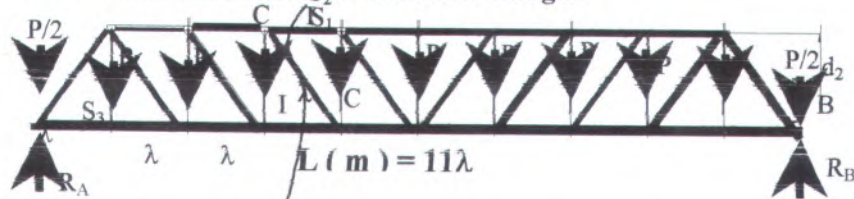
$$V_2 = V_{A(qm2)} + V_{(p+q)} = \text{gaya geser setelah komposit}$$

### 5. Kontrol Lendutan / Kekakuan

$$\Delta^{\circ} = f_{\text{(beban hidup saja)}} \leq \bar{\Delta} = \frac{B}{800} \quad (\text{BMS Manual 6.8.2 atau}$$

BMS 7.2.3.2)

### 3.3.4. Penentuan Kekuatan Struktur Rangka



Gambar 3.3.4.1. Beban Terpusat pada Join



**A. Beban Mati**

Dimana P merupakan beban pada titik simpul dan P merupakan beban mati sebelum dan sesudah komposit ditambah berat rangka dan alat penyambung.

$$P = V_A (qm_1) + V_A (qm_2) + P_{rangka}$$

$$P_{rangka} \text{ sebesar } q = (20 + 3L) \text{ kg/m}^2 \text{ (m}^2 \text{ luas lantai)}$$

Dengan asumsi q diatas diasumsikan termasuk alat penyambung, karena WF sekarang lebih ringan. (Prof Soemadijo, "Jembatan Baja", diktat ITS)

$$P_{Rangka} = (q \times \lambda \times B/2) \text{ kg} = \quad \text{( kN )}$$

Penentuan gaya Dalam Struktur Rangka  $S_1, S_2$  &  $S_3$  akibat beban mati

$$\text{Lihat kiri potongan I-I} \rightarrow \Sigma M_{CS1} = 0 ; R_A = 5,5 P$$

$$R_A \cdot 5 \lambda - \frac{1}{2} P \cdot 5 \lambda - P(4\lambda + 3\lambda + 2\lambda + 1\lambda) + S_1 \cdot d_2 = 0$$

$$S_1 = - \dots \dots \dots \text{ kN (tekan)}$$

$$\Sigma M_{CS2} = 0 \text{ (kiri potongan I - I)}$$

$$R_A \cdot 4 \lambda - \frac{1}{2} P \cdot 4 \lambda - P(3\lambda + 2\lambda + \lambda) - S_2 d_2 = 0$$

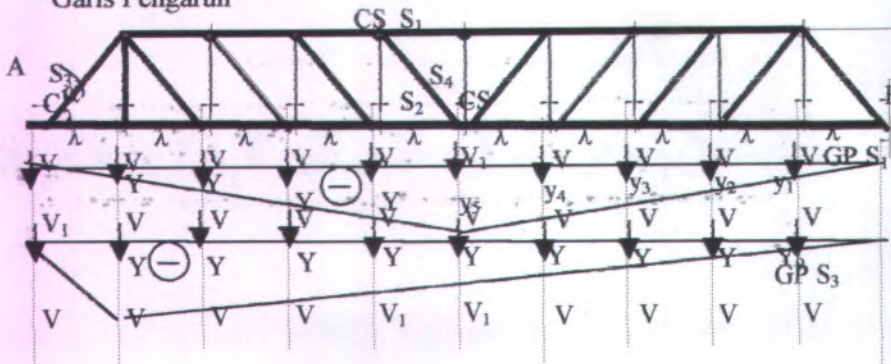
$$S_2 = + \dots \dots \dots \text{ kN (tarik)}$$

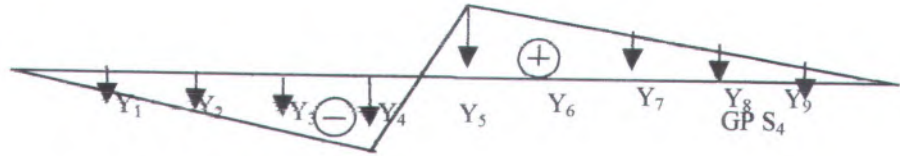
$$\Sigma V = 0 \text{ (pada titik simpul A)}$$

$$S_3 \sin \alpha + R_A - \frac{1}{2} P = 0 \rightarrow S_3 = - \dots \dots \dots \text{ kN (tekan)}$$

**B. Beban Hidup**

Perhitungan Gaya dalam Akibat Beban Hidup berjalan dengan Garis Pengaruh





Gambar 3.3.4.2. Garis Pengaruh Batang  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , dan  $S_4$

$$V = V_{A(q)}$$

$$V_1 = V_A (p + q)$$

Dimana Reaksi di A pada Balok Melintang akibat beban D (UDL + KEL) pada posisi tidak simetris.

a. Garis Pengaruh  $S_2$  dan  $S_1$  sama

$$y = \frac{\frac{1}{2}L \cdot \frac{1}{2}L}{L \cdot d_2} \text{ (Tekan)}$$

b. Garis Pengaruh  $S_3$

1 kN di C, maka  $V_A = 10/11$  kN

$$\Sigma V = 0$$

$$S_3 \sin \alpha + V_A = 0 ; S_3 = - \frac{V_A}{\sin \alpha} \text{ kN} ; y_1 = S_3 \text{ (Tekan)}$$

b. Garis Pengaruh  $S_4$

Dari Garis pengaruh  $S_4$  ditentukan nilai  $y_5$  dan  $y_6$

Dalam praktek jika harus dihitung besarnya  $S_4$ , hal-hal yang perlu diperhatikan:

- Pada posisi kendaraan penuh diatas jembatan,  $S_4$  justru tidak maksimum (gp.  $S_4$  mempunyai 2 tanda)
- $S_4$  (tarik maks.) =  $+(y_3 + y_4 + y_5) V_A (p + q) + y_3 V_A (p + q)$
- $S_4$  (tekan maks) =  $-(y_1 + y_2) V_A (p + q) + y_2 V_A (p + q)$

Kombinasi : beban mati (M) + beban hidup (H)

$$S_1 = [S_{1(M)} + S_{1(H)}] ; S_3 = -(S_{3(M)} + S_{3(H)})$$

$$S_2 = + [S_{2(M)} + S_{2(H)}] ; S_4 = (S_{4(M)} + S_{4 \text{ maks tarik}} ( + ))$$

$$S_4 = (S_{4(M)} + S_{4 \text{ maks tarik}} ( - ))$$

Dari perhitungan ;  $S_{4(M)} = 0$

### C. Ikatan Angin

Untuk memikul beban angin lateral ada 2 macam :

1. Beban Angin pada bidang rangka yang dipikul oleh ikatan angin atas dan ikatan angin bawah
2. Beban angin pada bidang kendaraan yang dipikul oleh ikatan angin bawah
3. Pada jembatan terbuka (open frame) semua beban angin diatas dipikul oleh ikatan angin bawah

### D. Beban Angin Lateral

BEBAN ANGIN LATERAL (BMS : 2.4.6)

Faktor beban;  $K_{EW}^U = 1,2$  (untuk metode LRFD)

Angin Bekerja Pada :

- Bangunan atas jembatan (rangka)
- Bidang samping kendaraan

- 1) Gaya nominal ultimit pada bangunan atas

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

$C_w$  = Koefisien seret ( tabel 2.9 BMS )  
= 1,2 (rangka batang)

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/det) ( tabel 2.10 )

Tergantung dari lokasi jembatan, misalkan lokasi jembatan  $\leq 5$  km dari pantai , maka  $V_w$  sebesar 35 m/det

$A_b$  = Luas ekuivalen bagian samping jembatan

= luas total bagian yang masih dalam arah  $\perp$  sumbu memanjang jembatan

Untuk rangka batang  $A_b$  sebesar luas total bagian yang masih yang dibatasi oleh batang-batang terluar

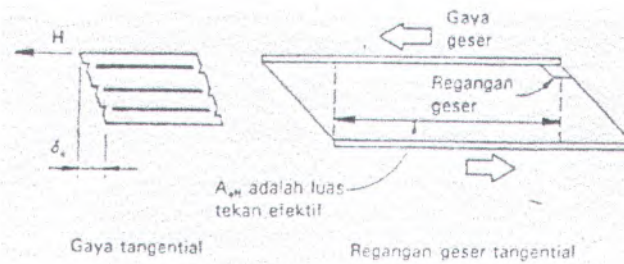
Sehingga  $A_b = 30\% (11\lambda + 9\lambda) d_2 / 2$

$$W_{b1} = \frac{CD}{AB+CD} \times T_{EW} \times \frac{1}{jml.lap. AB}$$

- 2) Gaya Nominal Ultimit Pada Kendaraan Sepanjang Jembatan Bekerja pada LK, hanya dipikul oleh Ikatan Angin bawah sebagai Beban merata

$$T_{EW} = 0,0012 C_w (V_w)^2 \text{ kN/m}$$

## 2. Gerakan Tangensial, $H^*$ (kN)



Gambar 3.3.6.3. Gerakan Tangensial Tumpuan

Gerakan dalam arah dimensi memanjang,  $a$  dari  $\delta_a^*$  (mm)  
 Gerakan dalam arah dimensi melintang,  $b$  dari  $\delta_b^*$  (mm)  
 Dimana  $\delta_a^*$  dan  $\delta_b^*$  termasuk komponen akibat gaya horizontal  $H^*$  (kN) yang untuk perletakan dengan tebal karet total sebesar  $t$  (mm), luas denah karet total,  $A$  (mm<sup>2</sup>)

dan modulus geser,  $G$  (Mpa) adalah  $\frac{H^* \cdot t}{1000 \cdot A \cdot G}$  mm.

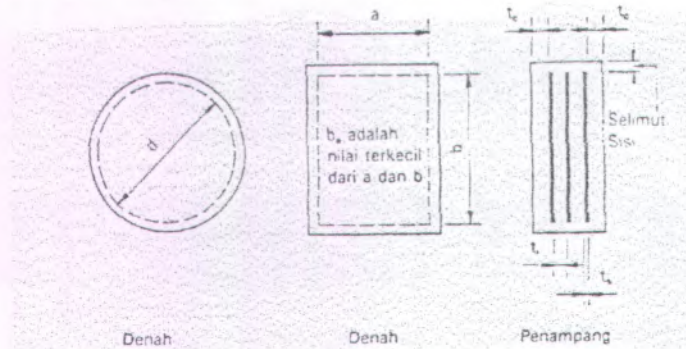
Maka gerakan total yang dihasilkan  $\delta_a$  dan  $\delta_b$  adalah  $\delta_s^*$  (mm)

## 3. Perputaran Relatif $\alpha_a^*$ , $\alpha_b^*$ (radian) antara permukaan atas dan bawah dari perletakan dalam arah sisi $a$ dan $b$ yang dihasilkan dari :

Perputaran minimum sebesar 0,035 radian sebagai akibat dari toleransi pelaksanaan, yakni kurang tepatnya pelaksanaan bangunan atas dan bawah. Perputaran relatif dapat berupa perputaran bangunan atas akibat beban mati dan hidup, perputaran yang dihasilkan oleh pengaruh lentur akibat rangkai dan perbedaan suhu dan perputaran akibat simpangan horisontal dari bangunan bawah dan atau gaya vertikal eksentris. Dimana

### 3.3.6. Perencanaan Perletakan

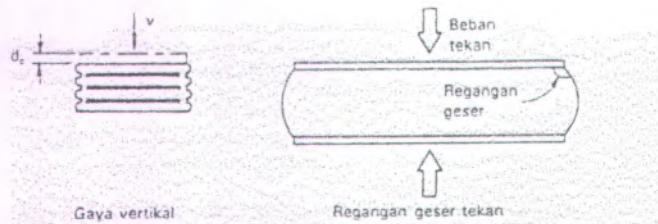
Perletakan Elastomer umumnya terbuat dari karet alam dan pelat baja yang diikat bersatu selama vulkanisasi, dan mempunyai selimut sisi elastomer minimum sebesar 6 mm dan atas bawah sebesar 4 mm untuk melindungi plat baja. Karet umumnya disyaratkan agar mempunyai kekerasan IHRD  $53 \pm 5$ .



Gambar 3.3.6.1. Denah Elastomer

#### A. Tahap 1 : Penentuan Pengaruh Rencana Terburuk

##### 1. Beban Tegak Lurus pada Permulaan Tumpuan, $V^*$ (kN)



Gambar 3.3.6.2. Beban Tegak Lurus pada Permukaan Tumpuan

Desain : Kombinasi I :  $M + H ; \sigma \leq \bar{\sigma}$   
 Kombinasi II :  $M + H + A ; \sigma \leq 1,3 \bar{\sigma}$

Tabel 3.3.4.1. Kombinasi Pembebanan

Beban Gaya BT	M	H	A	Komb. I	Komb. II	PPBBI
S <sub>1</sub> (tekan)	S <sub>1</sub> (M)	S <sub>1</sub> (H)	a <sub>3</sub>	S <sub>1</sub> (M) + S <sub>1</sub> (H)	I + a <sub>3</sub>	bab 4.1
S <sub>2</sub> (tarik)	S <sub>2</sub> (M)	S <sub>2</sub> (H)	b <sub>3</sub>	S <sub>2</sub> (M) + S <sub>2</sub> (H)	I + b <sub>3</sub>	bab 3.2 3.3
S <sub>3</sub> (tekan)	S <sub>3</sub> (M)	S <sub>3</sub> (H)	N = V <sub>A</sub> M = M <sub>c</sub>	S <sub>3</sub> (M) + S <sub>3</sub> (H)	N = I + V <sub>A</sub> M = M <sub>c</sub>	bab 4.9

M = beban Mati  
 H = beban Hidup  
 A = beban Angin

### 3.3.5. Sambungan

Data : > gaya batang Pu  
 > profil

Direncanakan

- Mφ
- Tebal plat
- Fu

$$\phi R_n = 0,75 \cdot 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u$$

$$\phi V_d = 0,75 \cdot r_l \cdot f_u \cdot A_b \cdot m$$

pakai nilai yang terkecil

Jumlah baut = Pu / φRn "atau" Pu/φVd tergantung yang menentukan



Beban pada titik simpul :  $Wb_2 = \lambda \cdot T_{EW}$  (kN)

Beban pada ikatan angin bawah :

$$Wb = Wb_1 + Wb_2$$

### 3) Konstruksi Ikatan Angin Bawah

Tinjau kiri pot. C - C :

$$\Sigma M_C b_3 = 0$$

$$b_3 = + \dots \dots \dots \text{ (tarik)}$$

### 4) Portal Akhir

Sumber : Kleinlogel, "Rigid frame formulas"

$R_A$  dipikul langsung  $H_E$  (perletakan)

Re dipikul :  $H_E = \frac{Rc}{2}$

$$H_A = \frac{Rc^2}{2}$$

$$\Sigma M_E = 0 \rightarrow V_A = \frac{Rc \cdot d_2 / \sin \alpha}{2} \text{ (}\uparrow\text{)}$$

$$\Sigma V = 0 \rightarrow V_E = -V_A \text{ (}\downarrow\text{)B}$$

$$M_G = M_c = \frac{Rc}{2} \times \frac{d_2}{\sin \alpha}$$

perputaran dalam arah melintang akibat suhu dapat diabaikan untuk jembatan kurang dari 10 m.

**B. Tahap 2 : Pemilihan Perletakan Permulaan**

Dari pengaruh rencana diatas dapat ditentukan lendutan geser maksimum dan kapasitas beban vertical yang diperlukan untuk 4 (empat) keadaan berikut :

- a. Pada geser maksimum dan minimum dengan perputaran nol
- b. Pada geser maksimum dan minimum dengan perputaran maksimum

Untuk penentuan dimensi perletakan elastomer permulaan dapat digunakan tabel 7.4 (a s/d s) BMS Manual.

**C. Tahap 3 : Pemeriksaan Pemulihan Permulaan Terhadap Bentuk dan Fungsi**

Untuk kesesuaian perletakan berdasarkan BMS Manual untuk meyakinkan fungsi yang tepat dari pemilihan perletakan permulaan.

**1. Faktor bentuk ( S ), berada pada batas yang diijinkan dengan rumusan**

$$4 \leq S \leq 12$$

dengan faktor bentuk perletakan persegi tanpa baut rumusan S :

$$S = \frac{a.b}{2(a+b)t_o} \quad (\text{BMS 8.3.5})$$

Dimana

a = Panjang perletakan (mm)

b = Lebar perletakan (mm)

$t_o$  = Tebal lapis efektif, dimana untuk selimut, besar

$t_o = 1,4 t_c$

dan bagian dalam, besar  $t_o = t_i$  (BMS 8.3.5)

$t_c$  = Tebal selimut (mm)

$t_i$  = Tebal lapis dalam (mm)

2. Jumlah Regangan Tekan, perputaran dan geser dibatasi sampai :

$$\epsilon_{sc} + \epsilon_{sr} + \epsilon_{sh} = \epsilon_t + \frac{2.6}{\sqrt{G}} \quad (\text{BMS 8.4 (a)})$$

Dengan :

$$\epsilon_{sc} = \frac{6.SV^* \times 10^3}{3A_{eff}G(1+2s^2)}$$

$$A_{eff} = A \left( 1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right)$$

$$\epsilon_{sr} = \frac{\sigma_a a^2 + \sigma_b b^2}{2I_i t} \quad (\text{untuk perletakan persegi})$$

$$\epsilon_{sh} = \frac{\delta_s}{t}$$

Dimana

G = Modulus Geser = 0,69 MPa untuk IHRG 53

3. Untuk membatasi sekecil mungkin mengelindingnya tepi-tepi atau kecenderungan pelat baja dari luas denah A untuk melentur, regangan geser dibatasi sampai :

$$\epsilon_{sh \text{ maks}} = 0,7 \quad \text{bila } A_{eff} \geq 0,9 A$$

$$\epsilon_{sh \text{ maks}} = \frac{2.A_{eff}}{A} - 1.1 \quad \text{bila } 0,9 A \geq A_{eff} \geq$$

0,8 A

Regangan Geser maksimum (BMS 8.5 (a) dan (b) :

$$\frac{\epsilon_{sh \text{ maks}}}{\epsilon_{sh}} \geq 1.0$$

$\epsilon_{sh}$

dengan batasan sebagaimana diatas.

4. Luas tumpuan efektif minimum,  $A_{eff} \geq 0,8 A$

5. Untuk mencegah lelah khususnya pada jembatan bentang pendek, regangan tekan akibat beban hidup,  $\epsilon_{sc}$  dibatasi sampai :

$$\epsilon_{sc} < 1.4 \sqrt{\frac{0.69}{G}} \text{ atau}$$

$$\frac{1.4V^*}{\epsilon_{sc}V^*_{LL}} \sqrt{\frac{0.69}{G}} \geq 1.0 \text{ (hanya relevan untuk kasus}$$

beban hidup vertical maksimum  $V^*_{LL}$ ) ( BMS 8.4 (i) )

6. Tegangan tekan rata-rata pada perletakan laminasi dibatasi sampai dengan 15 MPa, ini adalah nilai tinggi dan kekuatan beton dibawah permukaan tumpuan perlu diperiksa juga ( BMS 8.3.6.2 )

$$\frac{15.A_r}{V^*} \geq 1.0$$

7. Untuk menjamin agar tidak terjadi tegangan tarik tidak berkembang dalam perletakan akibat perputaran, batasan pada perputaran digunakan rumusan :

$$\frac{\sigma_a.a + \sigma_b.b}{4.d_c} \geq 1.0 \text{ ( perletakan persegi ) BMS 8.6.(a)}$$

dengan :

$$d_c = \sum \left\{ t_o \left| \frac{V^* \times 10^3}{EA} \right| \right\}$$

$$\text{dan } E = E_h + \left[ \frac{CGS^2}{1 + \frac{CGS^2}{0.75B}} \right]$$

untuk perletakan persegi dengan  $a/b \leq 1$

$$E_h = AG \left\{ 1 - \left[ \frac{1}{\frac{a}{b} + \frac{b}{a}} \right]^2 \right\} \text{ dan}$$

$$C = 4 + \frac{a}{b} \left[ 6 - \frac{3.3a}{b} \right]$$

8. Stabilitas perletakan dalam tekan dijamin oleh batasan (BMS 8.7 (a) :

$$\frac{V^*}{A_{eff}} \leq \frac{2.b_0.G.S'}{3.t} \text{ atau } \frac{2.b_0.G.S' A_{eff}}{1000.V^*} \geq 1.0$$

9. Tebal minimum  $t_s$  dari pelat baja yang tertanam dalam perletakan diperiksa dengan persamaan berikut ( BMS 8.8 ):

$$3 \text{ mm} \leq t_s \geq \frac{3V^* t_l \cdot 1000}{A \cdot f_y}$$

atau

$$\frac{t_s}{3} \geq 1.0 \text{ dan } \frac{t_s \cdot A \cdot f_y}{3 \cdot V^* t_l \cdot 1000} \geq 1.0$$

10. Tahanan Gesek terhadap geseran (perlu tahanan alternatif bila  $< 1.0$  )  
(BMS 8.9 (a) )

$$\frac{0,1 \cdot (V^* + 3000 \cdot A_{eff})}{H^*} \geq 1.0$$

### 3.3.7. Perhitungan Abutment dan Pondasi

#### A. Pembebanan

Pembebanan pada abutment dan pilar yaitu

1. Beban vertical seperti beban roda, berat sendiri plat/balok

2. Beban Horizontal, seperti muatan akibat tekanan tanah ( $T_a$ )
3. Total momen akibat beban vertical dan horizontal yang terjadi terhadap titik berat abutment yang ditinjau ( $M_o$ ).

## B. Perhitungan Penulangan

Prosedur dibawah ini merupakan prosedur umum yang dipakai dalam perhitungan berbagai macam tipe abutment yang ada.

### 1. Penulangan Lentur

Perhitungan tulangan lentur dihitung berdasarkan BMS Manual dengan prosedur sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} b \text{ (mm)} & d \text{ (mm)} \\ h \text{ (mm)} & d_c \text{ (mm)} \\ f_c' \text{ (MPa)} & f_{sy} \text{ (MPa)} \end{array}$$

$M^*$  (Momen diambil dari Analisa Struktur dengan kombinasi pembebanan)

$$\frac{d_c}{d} \text{ dan } \frac{M^*}{b.d^2}$$

dengan tabel 5.13 - 5.66 pada BMS Manual dengan berbagai variasi  $f_c'$  (MPa)  $f_{sy}$  (Mpa) dan  $\frac{d_c}{d}$  maka akan didapatkan nilai :

a. Rasio tulangan tarik,  $\frac{A_{st}}{b.d}$

b. Rasio Tulangan tekan,  $\frac{A_{sc}}{b.d}$

Dimana persyaratan daktilitas memadai karena  $K_u = 0,4$

dan persyaratan lain  $\frac{A_{sc}}{b.d} > \frac{A_{sc}}{b.d} \text{ min.}$

Dari rasio tersebut didapatkan dimensi tulangan dan jarak antar tulangan, dalam hal ini nilai  $b$  diambil  $1000 \text{ mm} = 1 \text{ m}$ .

## 2. Penulangan Geser

Perhitungan tulangan geser didasarkan pada BMS Manual 1992 dengan prosedur perhitungan sebagai berikut :

$$\begin{array}{ll} b_v \text{ (mm)} & d \text{ (mm)} \\ h \text{ (mm)} & d_o \text{ (mm)} \\ f_c' \text{ (MPa)} & f_{sy} \text{ (MPa)} \end{array}$$

$V^*$  (Momen diambil dari Analisa Struktur dengan kombinasi pembebanan)

a. Penentuan batas kehancuran badan beton akibat  $V^*$  pada beton :

$$V_{u_{maks}} = 0,2 \cdot f_c' \cdot b_v \cdot d_o$$

$V^* < K_c^R \cdot V_{u_{maks}}$  (kehancuran badan akan tidak menjadi masalah)

b. Penentuan Bagian beton terhadap kekuatan geser,  $V_{uc}$  :

$$V_{uc} = \beta_1 \cdot \beta_2 \cdot \beta_3 \cdot b_v \cdot d_o \cdot \left[ \frac{A_{st} \cdot f_c'}{b_v \cdot d_o} \right]^{1/2}$$

c. Penentuan kekuatan geser dengan tulangan minimum,  $V_{u_{min}}$  :

$$V_{u_{min}} = V_{uc} + 0,6 \cdot b_v \cdot d_o$$

d. Penentuan kekuatan geser yang akan dipikul oleh tulangan geser,  $V_{us}$  :

$$V_{us} = \frac{V^*}{K_c^R} - V_{uc}$$

e. Penentuan luas tulangan geser  $A_{sv}$  dan jarak diantaranya :

$$A_{sv} = \frac{V_{us} \cdot S}{f_{sy} \cdot d_o}$$

## 3. Penulangan Konsol

Gaya horisontal dari susut dan rangkai serta perubahan suhu,  $N_u$  :

$$N_u = V_u = 1,2 V_D + 1,6 V_L$$

$$Nuc = 1,6 (0,2 Nu)$$

Syarat untuk konsol pendek (PB'89 ps. 11.9.3.4 hal 83 )

$$a/d < 1$$

$$Mu = Vu.a + Nuc ( h-d ) \dots (PB'89 ps. 11.9.3 hal 83 )$$

$$Vn = Vu/\emptyset \dots \text{dengan } \emptyset = 0,65 (PB'89 ps. 11.1.1 hal 72 )$$

Untuk beton normal :

$$Vn < 0,2 fc' .bw.d \dots (PB'89 ps. 11.9.3.2.1 hal 83 )$$

Atau

$$Vn < 5,5 bw.d$$

Luas tulangan geser friksi untuk menahan gaya geser berfaktor yang dihitung berdasarkan shear friction, Avf :

$$Avf = \frac{Vu}{\phi . \mu . fy}$$

Luas Tulangan untuk menahan gaya horisontal Nu, An :

$$An = \frac{Nuc}{\phi . fy}$$

Luas tulangan horisontal untuk menahan momen berfaktor, Af :

$$Af = \frac{Mu}{0,85 . \phi . fy . d}$$

$$As_1 = 2/3 . Avf + An$$

$$As_2 = Af + An$$

$$As_{min} = 0,04 . \frac{fc'}{fy} . b . d$$

Maka didapatkan dimensi tulangan dengan jarak tertentu  
Selanjutnya dicari tulangan sengkang ikat (Ah) dengan rumusan :

$$Ah_1 = 1/3 Avf$$

$$Ah_2 = 0,5 ( As - An )$$

#### 4. Perhitungan Pondasi

Pondasi menggunakan pondasi sumuran

$$Pt = Ab . \sigma + P . JHP / SF$$

$$Pt = \text{daya dukung pondasi}$$



- Ab = luas penampang pondasi  
 $\sigma$  = daya dukung tanah  
P = keliling  
JHP = Jumlah Hambatan Pelekat  
SF = Faktor Keamanan  $\rightarrow 5$

**Kontrol pondasi****Pu < Pt**

Pu = Beban (gaya aksial) diatas pondasi

**BAB IV**  
**PERENCANAAN STRUKTUR LANTAI**  
**KENDARAAN UNTUK JEMBATAN DENGAN**  
**BENTANG 40 M**

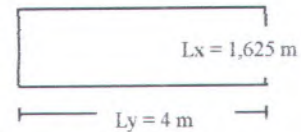
**4.1. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan**

Perencanaan tebal minimum pelat lantai kendaraan menurut ketentuan BMS 1992 (pasal 6.7.2.1.) adalah :

$t_s \geq 200$  mm      dimana :  $t_s$  = tebal pelat lantai (mm)  
 $t_s \geq 100 + 0.04L$      $L$  = Bentang dari pelat lantai kendaraan (mm)

Data-data perencanaan Pelat lantai kendaraan adalah sebagai berikut :

- ⇒ Panjang bentang ( $L_y$ )      = 4 m ( Jarak antar gelagar melintang )
- ⇒ Lebar ( $L_x$ )                      = 1.625 m
- ⇒ Tebal Aspal                        = 0.05 m
- ⇒ Bj Beton ( $\gamma_c$ )                   = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- ⇒ Bj Aspal ( $\gamma_{as}$ )                   = 2,2 t/m<sup>3</sup>
- ⇒ Mutu Beton                         = K 300



$f_c' = 25$  Mpa

$$f_c' = \left\{ 0,76 + 0,2 \cdot \log_{10} \left( \frac{\text{Mutu Beton}}{15} \right) \right\} \cdot \text{Mutu Beton}$$

(BMS 1992 seri 6 Pasal 6.1.4.)

- ⇒ Mutu Baja
- ⇒  $f_y$                                       = 390 Mpa
- $E_s$                                       =  $2,1 \cdot 10^5$  Mpa
- ⇒ Diameter Tulangan = 16 mm
- ⇒ Decking Beton,  $d'$  = 25 mm
- ⇒ Faktor Beban                        =
- Beton Cor ditempat,  $K_{ms}^u = 1,3$
- Muatan Truk T,  $K_{TT}^u = 2,0$

#### 4.1.1. Perhitungan Pembebanan

Pembebanan Lantai Kendaraan

Pelat Lantai Kendaraan direncanakan dalam kondisi batas ultimate, maka beban-beban yang terjadi diberi faktor beban sebagai berikut :

- Berat sendiri beton yang dicor ditempat

$$K_{MS}^U = 1,3$$

- Beban mati tambahan pada kondisi umum

$$K_{MA}^U = 1,4$$

- Beban Hidup Truk "T"

$$K_{TT}^S = 2,0$$

Beban-beban yang bekerja pada lantai kendaraan adalah :

##### a). Beban mati

Beban mati yang bekerja pada pelat lantai kendaraan terdiri atas :

- Berat sendiri beton =  $1,3 \cdot 0,20 \cdot 24 = 6,24 \text{ kN/m}$

- Berat Lapisan Aspal =  $0,05 \cdot 22 \cdot 2 = 2,2 \text{ kN/m}$

---

Total beban mati (qMuD) = 8,44 kN/m

- Perhitungan Momen Tumpuan

$$MUD = 1/10 \times qMu \times Lx^2 = 1/10 \times 8,44 \times 1,625^2 = 2,23 \text{ kNm}$$

- Perhitungan Momen Lapangan

$$MUD = 1/12 \times qMuxLx^2 = 1/12 \times 8,44 \times 1,625^2 = 1,86 \text{ kNm}$$

##### b). Beban Hidup

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.1. beban hidup yang digunakan dalam perencanaan pelat lantai adalah beban "T". Menurut BMS 1992 pasal 2.3.4. berat terbesar dari as truk adalah 200 kN atau berat terbesar dari 1 roda adalah 100 kN. Menurut BMS 1992 pasal 2.3.6. faktor kejut (DLA) adalah 0,3, sehingga  $PL = Tu = 2 \cdot (1+0,3) \cdot 100 = 260 \text{ kN}$ .

Momen pelat akibat beban hidup dihitung menurut BMS 1992 pasal 2.5.5.(a). sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \text{MLD} &= 0,8 \times (S + 0,6) Tu / 10 \\ &= 0,8 \times (1,625 + 0,6) 260 / 10 \\ &= 46,28 \text{ kNm} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Mu} &= \text{MUD} + \text{MLD} \\ &= 2,23 + 46,28 \\ &= 48,51 \text{ kNm} \end{aligned}$$

#### 4.1.2. Perhitungan Penulangan Pelat

Sesuai SKSNI 1991 sebagai berikut :

a). Perhitungan Tulangan arah memanjang

- Perhitungan Tulangan Tumpuan

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$\phi = 16 \text{ mm (As} = 201,06 \text{ mm}^2\text{)}$$

$$d' = 25$$

$$d = 200 - 25 - 0,5 (16) = 167 \text{ mm}$$

$$\text{Mutot} = (1,2 \cdot 8,44) + (1,6 \cdot 46,28) = 84,176 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot \phi} = \frac{84,176 \cdot 10 \text{ Nmm}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 167^2 \text{ mm}^3} = 0,0034$$

$$N/\text{mm}^2; m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\begin{aligned} \rho &= \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) \\ &= \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,0034}{390}} \right) \end{aligned}$$

$$\rho = 0,000009$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_{sy}} \cdot \frac{600}{600 + f_{sy}} \right] = 0,75 \left[ \frac{0,85249 \cdot 0,85}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390} \right]$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot [0,056 \cdot 0,652] = 0,0275$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,000009 < 0,0018 < 0,0275$$

$$\text{maka } A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 167 = 599,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_s \text{ perlu}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \right) \cdot \frac{1000}{599,53} = 335,37 \text{ mm}^2$$

### Dipasang D16 - 200

#### - Perhitungan Tulangan Lapangan

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$\phi = 16 \text{ mm (} A_s = 201,06 \text{ mm}^2)$$

$$d' = 25$$

$$d = 200 - 25 - 0,5 (16) = 167 \text{ mm}$$

$$M_u \text{ tot} = (1,2 \cdot 1,86) + (1,6 \cdot 46,28) = 76,28 \text{ kNmm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot \phi} = \frac{76,28 \cdot 10 \text{ Nmm}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 167^2 \text{ mm}^3} = 0,0034 \text{ N/mm}^2$$

;

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,0034}{390}} \right)$$

$$\rho = 0,000008$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot [0,056, 0,652] = 0,0275$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,000008 < 0,0018 < 0,0275$$

$$\text{maka } A_y = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 167 = 599,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \frac{1000}{A_s \text{ perlu}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \right) \frac{1000}{599,53} = 335,7 \text{ mm}^2$$

**Dipasang D16 – 200**

b). *Perhitungan Tulangan arah melintang*

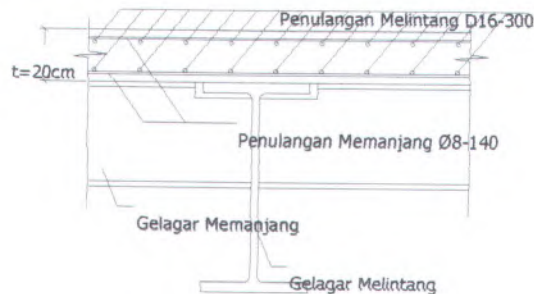
Untuk pelat arah memanjang cukup dipasang tulangan bagi sesuai dengan ketentuan SKSNI 1997 pasal 3.16.12 yaitu didapatkan  $\rho = 0,00218$  untuk  $f_y = 390$  & untuk tulangan bagi dipakai tulangan  $\phi 8$  ( $A_s = 50,27 \text{ mm}^2$ ) sehingga :

$$A_s \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot h = 0,00218 \cdot 1000 \cdot 167 = 346,06 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \frac{1000}{A_s \text{ perlu}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \right) \frac{1000}{346,06} = 145,177 \text{ mm}^2$$

**Dipasang  $\phi 8 - 140$**

Untuk pemasangan tulangan tumpuan disamakan dengan tulangan lapangan yaitu  $\phi 8 - 140$



Gambar 4.1.2.1. Skema Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

#### 4.1.3. Kontrol Stabilitas Pelat Lantai Kendaraan

##### a. Kontrol tebal pelat lantai kendaraan

Menurut SKSNI 1992 pasal 3.2.5.(a). bila pelat beton bertulang tidak dihitung lendutannya maka tebal minimumnya adalah  $l/28$  (untuk ujung menerus), dan

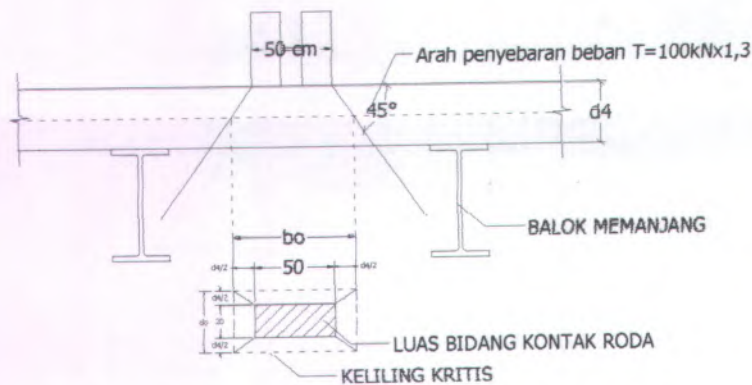
juga harus dikalikan faktor  $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$  bila  $f_y$  lain

dari 400 Mpa, sehingga tebal pelat minimum adalah :

$$H_{\min} = \frac{Lx}{28} \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{1625}{28} \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 55,55 \text{ mm}$$

$H_{\min} < H$  actual (200 mm) .....ok!

##### b. Kontrol Geser Pons Lantai



Gambar 4.1.3.1. Skema Distribusi Pembebanan akibat Roda Kendaraan

Menurut BMS 1992 pasal 6.7.2

$$V_{uc} = u.d.(f_{cv} + 0,3.\sigma_{cp})$$

$$\text{dengan } f_{cv} = 0,17 \left(1 + \frac{2}{\beta.h}\right) \sqrt{f_{c'}} \leq 0,34 \sqrt{f_{c'}}$$

$V_{uc}$  = kekuatan geser Ultimate dengan tidak memperhitungkan tulangan geser.

$u$  = Panjang efisien dari garis keliling geser kritis.

$d$  = Tinggi efektif diambil rata-rata disekeliling garis keliling geser kritis

$f_{cv}$  = Kuat geser beton.

$\sigma_{cp}$  = Intensitas rata-rata prategang efisien pada beton.

$\beta h$  = Perbandingan antara dimensi terpanjang dan terpendek dari luas efisien yang dibebani.

Kontrol gaya geser pons pada pelat lantai kendaraan diperhitungkan terhadap beban truk "T" sebagai berikut :

- Beban Truk "T" dengan  $P = 25$  kN luas bidang kontak roda  $125\text{mm} \times 200\text{mm}$  (gaya geser ultimate)

$$P_u = K^U_T + (1 + DLA)P = 2 \cdot (1 + 0,3) \cdot 25 = 65 \text{ kN}$$

Kekuatan geser Pons beton ditentukan sebagai berikut :

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 125 + 2 \cdot \frac{t_{plat}}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{t_{plat}}{2} \right) \right\}$$

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 125 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) \right\} = 1450$$

$$f_{cv} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta h} \right) \sqrt{f_c'} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1,75} \right) \sqrt{25} = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}$$

$$0,34 \cdot \sqrt{f_c'} = 1,696 \text{ Mpa} = 1,696 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}$$

diambil  $d = 16,7$  cm (sesuai dengan perencanaan tulangan)

$$V_{uc} = 1450 \cdot 167 \cdot (1,818 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}) = 503,672 \text{ kN}$$

Sehingga kontrol kekuatan geser pons lantai

$$P_u = 65 \text{ kN} < V_{uc} = 503,672 \text{ kN} \quad \text{ok...!}$$



- Beban Truk dengan "T" dengan  $P = 100$  kN dan luas bidang kontak roda

500mmx200mm (gaya geser ultimate)

$$P_u = K^U_T + (1 + DLA).P = 2,0.(1+0,3).100 = 260 \text{ kN}$$

Kekuatan geser Pons beton ditentukan sebagai berikut :

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 500 + 2 \cdot \frac{t \text{ plat}}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{t \text{ plat}}{2} \right) \right\}$$

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 500 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) \right\} = 2200$$

$$f_{cv} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta h} \right) \sqrt{f_c} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1,75} \right) \sqrt{25} = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}^2$$

$$0,34 \cdot \sqrt{f_c'} = 1,696 \text{ Mpa} = 1,696 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}^2$$

diambil  $d = 16,7$  cm (sesuai dengan perencanaan tulangan)

$$\begin{aligned} V_{uc} &= 2200 \cdot 167 \cdot (1,818 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}) \\ &= 899,395 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga kontrol kekuatan geser pons lantai

$$P_u = 260 \text{ kN} < V_{uc} = 899,395 \text{ kN} \text{ ok...!}$$

#### 4.1.4. Perencanaan bangunan Pelengkap

##### - Kerb

Trotoar direncanakan dengan lebar 60 cm dan tebal 20 cm dan ditempatkan di atas lantai kendaraan pada gelagar tepi yang dibatasi dengan balok beton bertulang pada kedua tepinya dan diisi pasir padat di tengahnya serta dilapisi tegel di atasnya. Sehingga sifatnya hanya membebani gelagar/balok utama

Kerb direncanakan dalam kondisi batas Ultimate, sehingga beban-beban yang bekerja perlu diberi faktor beban sebagai berikut :  
Beban mati tambahan  $K^U_{MA} = 2,0$ .

Lebar trotoar direncanakan 0,6 meter, trotoar dibatasi oleh Kerb dengan dimensi 15 x 20, direncanakan mampu menahan beban sebesar 15 kN/m, sepanjang bagian atas kerb. Maka untuk trotoar setiap 1 meter beban yang bekerja adalah :

$$P_u = 2.15 = 30 \text{ kN}$$

Momen yang bekerja pada trotoar adalah :

$$M_u = P_u \cdot L = 30.0,2 = 6 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 6/0,8 = 7,5 \text{ kNm} = 7500000 \text{ N mm}$$

Direncanakan tulangan menggunakan  $\emptyset 12$  ( $A_s = 113,04 \text{ mm}^2$ ) dengan decking 30 mm, maka :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \emptyset \\ &= 150 - 30 - (1/2.12) \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = (7500000 / (1000 \times 124^2)) = 0,49$$

$$\rho_b = ((0,85 \times 0,85 \times 24,9) / 390) \times ((600 / (600 + 390))) = 0,027$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_{sy} = 1,4 / 390 = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_b$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot 0,027 = 0,02$$

$$m = 390 / (0,85 \times 24,9) = 18,43$$

$$\begin{aligned} \rho &= 1 / 18,43 \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 18,43 \times 0,49) / 390)}) \\ &= 0,009 \end{aligned}$$

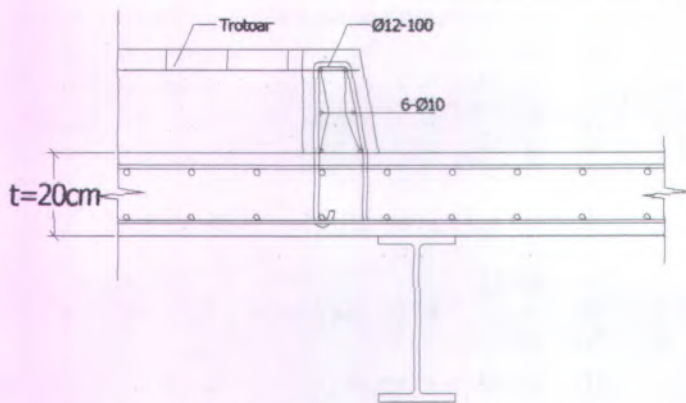
$$\text{maka } A_s' = \rho \cdot b \cdot d = 0,009 \cdot 1000 \cdot 124 = 1116 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \pi d^2 \right) \frac{1000}{A_{\text{perlu}}} = \left( \frac{1}{4} \pi 12^2 \right) \frac{1000}{1116} = 101,34 \text{ mm}^2$$

#### Dipasang D12 – 100

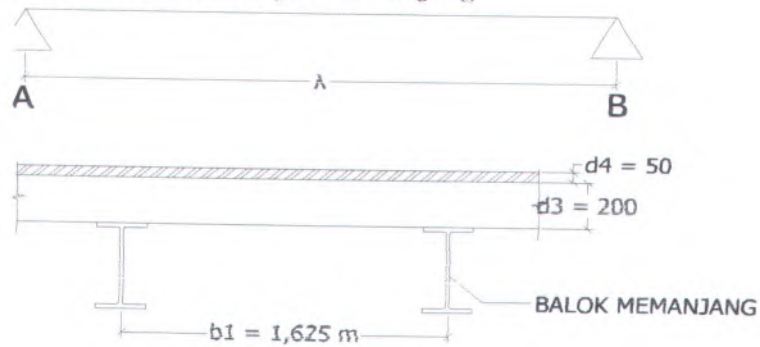
Untuk tulangan penahan digunakan rasio tulangan minimum, dimana :

$$\begin{aligned} \text{maka } A_s' &= \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 124 = 445,16 \text{ mm}^2 \\ &\text{sehingga dibutuhkan } 6-\emptyset 10 \end{aligned}$$



*Gambar 4.1.4.1. Skema Penulangan Kerb dan Stuktur dari Trotoar*

## 4.2. Perencanaan Gelagar Memanjang



Gambar 4.2.1. Perencanaan dari tebal plat dan jarak antar gelagar  
 $(\lambda = \text{jarak gelagar memanjang/jarak antar gelagar melintang})$

Disini diasumsikan bahwasannya perletakan pada tumpuan A & B adalah perletakan sederhana (sendi). Perletakan tersebut adalah sambungan pada gelagar melintang berupa *simple connection*, yang nantinya akan berupa sambungan geser.

Profil yang akan digunakan adalah WF 400.200.7.11

W	: 56,6	kg/m <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	: 20000	cm <sup>4</sup>
A	: 396	mm
I <sub>y</sub>	: 1450	cm <sup>4</sup>
B	: 199	mm
i <sub>x</sub>	: 16,7	cm
t <sub>w</sub>	: 7	mm
i <sub>y</sub>	: 4,48	cm
t <sub>f</sub>	: 11	mm
S <sub>x</sub>	: 1010	cm <sup>3</sup>
r	: 16	mm
S <sub>y</sub>	: 145	cm <sup>3</sup>
F	: 72,16	cm <sup>2</sup>



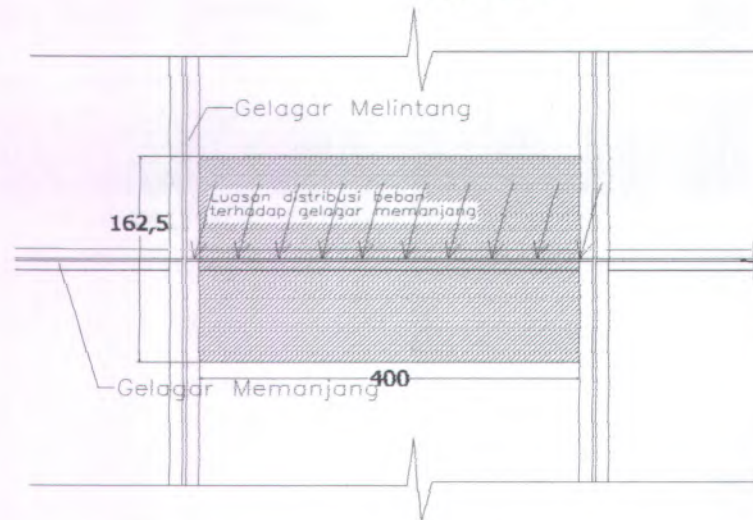
$$\begin{aligned} Z_x &: 1088 \text{ cm}^3 \\ h &: 396 - (2 \cdot 11) = 374 \text{ mm} \\ Z_y &: 222 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

#### 4.2.1. Perhitungan Pembebanan

##### a). Beban Mati

$$\begin{aligned} - \text{berat aspal} &= 0,05 \cdot 1,625 \cdot 22,2 = 3,575 \text{ (kN/m')} \\ - \text{berat beton} &= 0,20 \cdot 1,625 \cdot 24 \cdot 1,3 = 10,14 \text{ (kN/m')} \\ - \text{berat sendiri profil} &= 0,566 \text{ (kN/m')} \\ - \text{berat bekisting (10% W.beton)} &= 0,1 \cdot 10,1 = 1,014 \text{ (kN/m')} \\ \hline q_{mu} &= 15,295 \text{ (kN/m')} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen lentur pada tengah bentang : } M_D &= 1/8 \cdot q_{mu} \cdot l^2 \text{ kN/m} \\ &= 1/8 \cdot 15,295 \cdot 4^2 \\ &= 30,59 \text{ kNm} \end{aligned}$$



Gambar 4.2.1.1. Pendistribusian Beban Pelat Terhadap Gelagar memanjang

b). *Beban Hidup*

Dengan Perhitungan Garis Pengaruh untuk menentukan koefien beban.

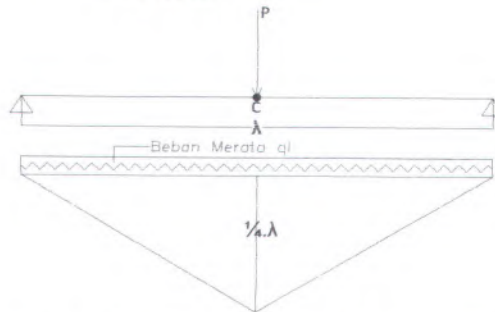
- **Beban Merata (UDL)**:  $\lambda = L = 4 \text{ m} < 30 \text{ m}$  dimana besar  $q = 8 \text{ kPa} = 8 \text{ kN/m}^2$  ( $L \leq 30 \text{ m}$ ;  $q = 8 \text{ kPa}$ ; Pasal 2.3.3.1. BMS 1992). dan  $q_{L1} = q \cdot b_1$  (  $\text{kN/m}$  ), sehingga  $q_{L1} = 8 \cdot 1,625 = 13 \text{ kN/m}$
- **Beban Garis (KEL)** ,  $P = 44 \text{ kN/m}$  , Beban KEL harus diperbesar dengan DLA (Dynamic Load Allowance) untuk memperhitungkan pengaruh dinamik, dimana persamaan untuk Balok memanjang menjadi

$$DLA = 40\% \text{ (Gambar 2.8 BMS 1992 hal.2.29)}$$

$$P = (1 + DLA) \cdot b_1 \cdot P \text{ ( kN )}$$

$$P = (1+0,4) \cdot 1,625 \cdot 44$$

$$= 100,1 \text{ kN}$$



Gambar 4.2.1.2. Diagram Momen Maksimum akibat Beban KEL dan DLA

Dengan Analisis Garis Pengaruh, didapat Momen Maksimal sebesar =

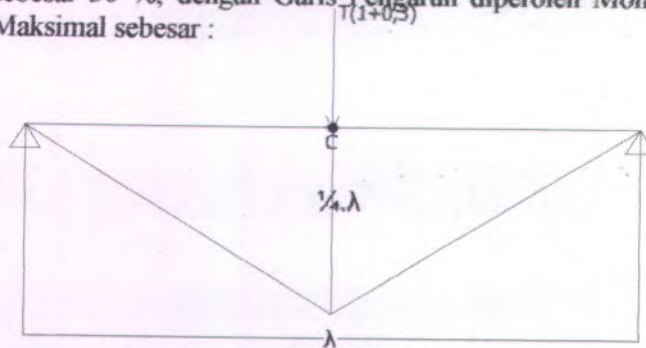
$$M_{L1} = P \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda + q_{L1} \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda \text{ ( kN.m )}$$

$$= ( 100,1 \cdot 0,25 \cdot 4 ) + ( 13 \cdot 0,25 \cdot 4 \cdot 0,5 \cdot 4 )$$

$$= 126,1 \text{ kNm}$$

**- Beban Akibat Truk "T"**

Dimana Beban T sebesar 100 kN, dengan faktor DLA sebesar 30 %, dengan Garis Pengaruh diperoleh Momen Maksimal sebesar :



Gambar 4.2.1.3. Diagram Momen Maksimum akibat Beban "T"

$$\begin{aligned} M_{L2} &= T \cdot (1 + 0,3) \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \quad (\text{kN.m}) \\ &= 100 \cdot (1 + 0,3) \cdot 0,25 \cdot 4 \\ &= 130 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sehingga Momen dari beban hidup menggunakan Beban garis dengan  $M_{L2} = 130 \text{ kNm}$

$$M_u = 160,59 \text{ kNm}$$

**4.2.2. Kontrol Profil**

a. Kontrol Lendutan

$$\bar{y} = \frac{L}{800} = \frac{400}{800} = 0,5$$

$$\begin{aligned} y^o &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{(13) \cdot 400^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 20000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{(100,1) \cdot 400^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 20000} \\ &= 0,11 \end{aligned}$$

Dimana  $y^o < \bar{y}$

$0,11 < 0,5 \dots\dots\dots \text{ok!}$

## b. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap : } \frac{bf}{2tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{199}{2.11} < \frac{170}{\sqrt{390}} = 9,05 < 10,752 \dots \text{ok!}$$

$$\text{Pelat Badan : } \frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{374}{7} < \frac{1680}{\sqrt{390}} = 53,43 < 85,07 \dots \text{ok!}$$

## c. Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 400 \text{ cm}$$

$$L_p = 185,847 \text{ cm}$$

$$L_r = 468,383$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$M_n = C_b [ M_r + ( M_p - M_r ) \cdot ( L_r - L_b ) / ( L_r - L_p ) ] \leq M_p$$

$$C_b = 1,67 \text{ ( diambil yang maximum )}$$

$$M_r = S_x ( f_y - f_r ) \rightarrow f_r = 70 \text{ MPa}$$

$$= 1010 ( 3900 - 700 ) = 3232000 \text{ kg cm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 1088 \cdot 3900 = 4243200 \text{ kg cm}$$

$$M_n = 1,67 [ 3232000 + ( 4243200 - 3232000 ) \cdot ( 468,383 - 400 ) / ( 468,383 - 185,847 ) ]$$

$$= 5806162 \text{ kg cm} > M_p \dots \text{ Dipakai } M_p$$

$$\text{sebagai } M_n = 4243200 \text{ kg cm}$$

$$M_u < \Phi M_n$$

$$1605900 < 0,9 \cdot 4243200 = 3818880 \dots \text{ok!}$$



d. Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} ;$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{4000}{374}\right)^2} = 5,47$$

$$= \frac{374}{8} < 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5,47 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{3900}}$$

$$= 45 < 54,27 \quad (\text{plastis LRFD 8.8.2})$$

Sehingga Kuat geser nominal pelat badan sesuai LRFD 8.8.3

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w$$

$$= 0,6 \cdot 3900 \cdot (0,7 \cdot 37,46)$$

$$= 61359,48 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,9 \cdot V_n \quad (\phi = 0,9 \text{ tabel 6.4.2. LRFD hal. 18})$$

$$= 0,9 \cdot 61359,48$$

$$= 55223,532 \text{ kg}$$

a. Untuk UDL dan KEL

$$V_u \text{ max} = (P + (q \cdot l \cdot \lambda)) \times \frac{1}{2}$$

$$= (100,1 \text{ kN} + (13,508 \text{ kN/m} \times 4 \text{ m})) \times \frac{1}{2}$$

$$= 77,066 \text{ kN}$$

b. Untuk Beban "T"

$$V_u \text{ max} = T \times (1 + 0,3)$$

$$= 100 \cdot (1,3) = 130 \text{ kN}$$

Diambil  $V_a \text{ max} = 130 \text{ kN}$  (terbesar)

c. Untuk Beban merata (qd)

$$V_u \text{ max} = \frac{1}{2} \cdot qd \cdot \lambda$$

$$= \frac{1}{2} \cdot 13,508 \cdot 4 = 27,016 \text{ kN}$$

$$\text{Sehingga } V_u = V_{ud \text{ max}} + V_{ul \text{ max}}$$

$$= (1,2 \cdot 77,066) + (1,6 \cdot 226,2)$$

$$= 454,4 \text{ kN} = 45440 \text{ kg}$$

$$V_u < \phi \cdot V_n$$

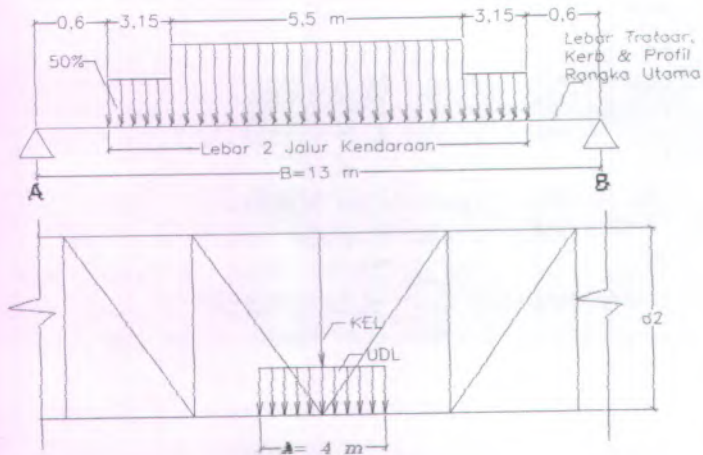
$$45440 < 55223,532 \text{ kg} \dots \text{ok..!}$$

#### 4.3. Perencanaan Gelagar Melintang

Dalam perencanaan gelagar melintang, salah satu beban yang diterima adalah dari balok memanjang, yang akan didistribusikan menjadi beban terpusat kemudian didistribusikan menjadi beban merata kearah melintang (searah gelagar melintang) *gb. 4.3.3.*

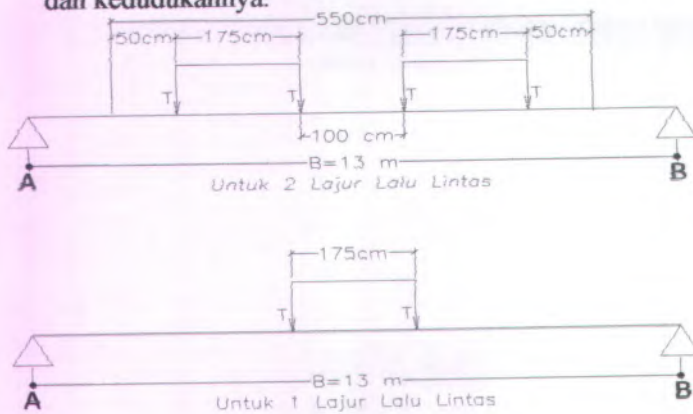
Profil yang akan digunakan adalah WF 800.300.16.30

W	: 241	kg/m <sup>2</sup>	
I <sub>x</sub>	: 339000	cm <sup>4</sup>	
A	: 808	mm	
I <sub>y</sub>	: 13800	cm <sup>4</sup>	
B	: 302	mm	
i <sub>x</sub>	: 33,2	cm	
t <sub>w</sub>	: 16	mm	
i <sub>y</sub>	: 6,70	cm	
t <sub>f</sub>	: 30	mm	
S <sub>x</sub>	: 8400	cm <sup>3</sup>	
r	: 28	mm	
S <sub>y</sub>	: 915	cm <sup>3</sup>	
F	: 370,6	cm <sup>2</sup>	
Z <sub>x</sub>	: 9287	cm <sup>3</sup>	
h	: 808 - (2.30)	mm	: 748 mm
Z <sub>y</sub>	: 1416	cm <sup>3</sup>	



**Gambar 4.3.1. Pendistribusian Beban Merata Terhadap gelagar Melintang**

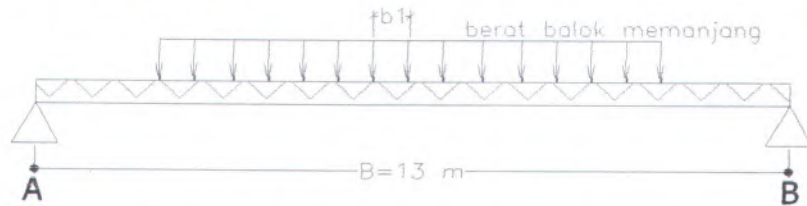
Dalam arah melintang perlu diperhatikan beban "T" dan kedudukannya.



**Gambar 4.3.2. Skema beban terpusat**

### 4.3.1. Perhitungan Pembebanan

#### 4.3.1.1. Beban Mati



Gambar 4.3.1.1.1. Skema Pendistribusian beban  $q_{M1}$

##### a). Sebelum Komposit ( $q_{M1}$ )

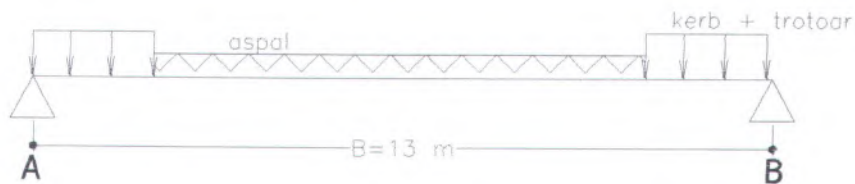
-Berat balok memanjang	$= (0,566 \text{ kN/m} \cdot 4 \text{ m} / 1,625) \cdot 1,1 = 1,53 \text{ kN/m}^2$
-Berat balok melintang	$= 2,41 \cdot 1,1 = 2,651 \text{ kN/m}^2$
-Berat pelat beton	$= 4 \cdot 24 \cdot 0,2 \cdot 1,3 = 24,96 \text{ kN/m}^2$
-Berat bekisting	$= 10\% \text{ berat beton} = 2,496 \text{ kN/m}^2$
$q_{M1}$	$= 31,637 \text{ kN/m}^2$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 31,637 \cdot 13 = 205,54 \text{ kN}$$

$$M_{q_{M1}} = \frac{1}{8} q_{M1} B^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 31,637 \cdot 13^2 = 668,33 \text{ kNm} \approx 66833 \text{ kgm}$$

##### b). Sesudah Komposit ( $q_{M2}$ )

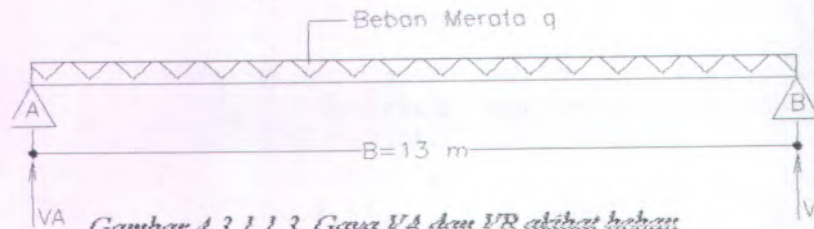


Gambar 4.3.1.1.2. Skema Pendistribusian beban  $q_{M2}$

$$\begin{aligned}
 - \text{Berat Aspal} &= 4 \cdot 22 \cdot 0,052 &= 8,8 \text{ kN/m}^2 \\
 - \text{Berat Trotoar+Kerb} &= 0,2 \cdot 4 \cdot 24 \cdot 1,3 &= 24,96 \text{ kN/m}^2 \\
 & & \text{qm2} &= 33,76 \text{ kN/m}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 M_{qM2} &= 1/8 q_m B^2 \\
 &= 1/8 \cdot 33,76 \cdot 13^2 = 713,18 \text{ kNm} \approx 7131800 \text{ kgcm}
 \end{aligned}$$

$$V_A = V_B = \frac{(q_1 + q_2) \cdot B}{2} = \frac{(31637 + 3376) \cdot 13}{2} = 39648 \text{ N}$$

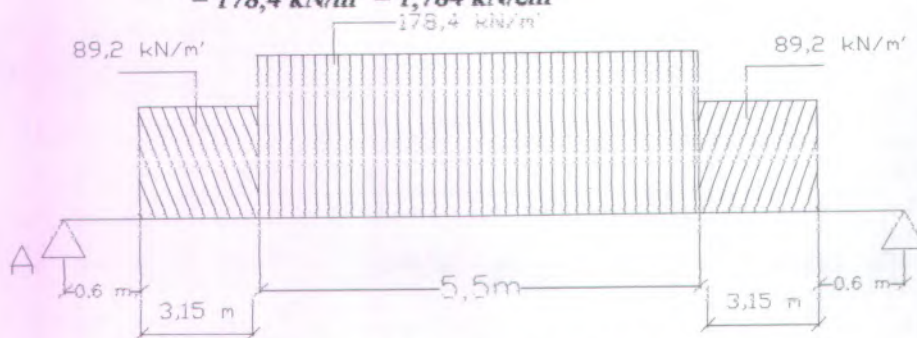


Gambar 4.3.1.1.3. Gaya  $V_A$  dan  $V_B$  akibat beban merata pada gelagar

#### 4.3.1.2. Beban Hidup (qh)

Beban hidup untuk gelagar melintang adalah beban D yaitu

1. Beban merata (UDL),  $q = 8 \times \lambda = 8 \text{ kpa} \times 4 \text{ m} \times 2 = 64 \text{ kN/m}^2$
  2. Beban Garis (KEL),  $p = 44 \text{ kN/m}^2 \times 2 \times (1 + 0,3) = 114,4 \text{ kN/m}^2$
- $$\begin{aligned}
 (p+q) &= 64 \text{ kN/m}^2 + 114,4 \text{ kN/m}^2 \\
 &= 178,4 \text{ kN/m}^2 = 1,784 \text{ kN/cm}^2
 \end{aligned}$$



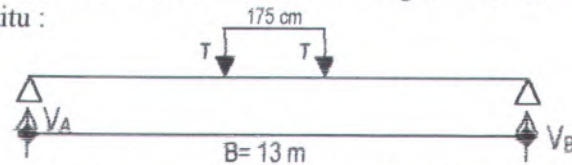
Gambar 4.3.1.2.1. Beban  $p+q$  pada gelagar melintang

$$V_A = V_B = \left( \frac{1}{2} \times ((2 \times 8920 \times 3,15) + (17840 \times 5,5)) \right) = 77158 \text{ kg}$$

$$M_{\max} = 77158 \cdot 6,5 - ((17840 \cdot 0,5 \cdot 5,5) \cdot (0,25 \cdot 5,5)) - ((8920 \cdot 3,15) \cdot (0,5 \cdot 5,5 + 0,5 \cdot 3,15)) = 188981,35 \text{ kgm} = 18898135 \text{ kg cm}$$

#### 4.3.1.3. Beban Truk (Beban T), T = 100 kN

Permodelan beban dilakukan dengan dua macam, yaitu :

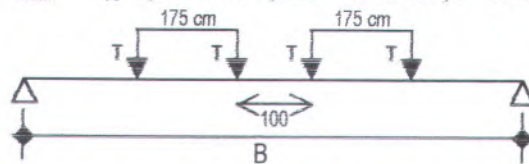


Gambar 4.3.1.3.1. Gaya VA dan VB akibat beban hidup akibat Truk Searah

$$T_u = 100 \text{ kN}$$

$$V_A = 100 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = V_A \cdot 6,5 - T_u \cdot 0,875 = 650 - 87,5 = 562,5 \text{ kN.m}$$



Gambar 5.3.1.3.2. Gaya VA dan VB akibat beban hidup akibat Truk Dua Arah

$$V_A = 200 \text{ kN} ; T_u = 100 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = V_A \cdot 6,5 - T_u \cdot (1,75 + 0,5) - T_u \cdot 0,5 = 1300 - 225 - 50 = 1025 \text{ kN.m}$$

Karena yang menghasilkan momen yang terbesar akibat UDL dan KEL maka momen yang menentukan adalah 18898135 kg.cm

Maka Momen Total akibat beban hidup dan mati :

$$M_{\max \text{ total}} = M_{qM2} + M_{(p+q)} = 7131800 + 18898135 = 26029935 \text{ kg.cm}$$

#### 4.3.1.4. Penentuan Garis Netral dengan metode plastis

##### a. Penentuan $b_E$

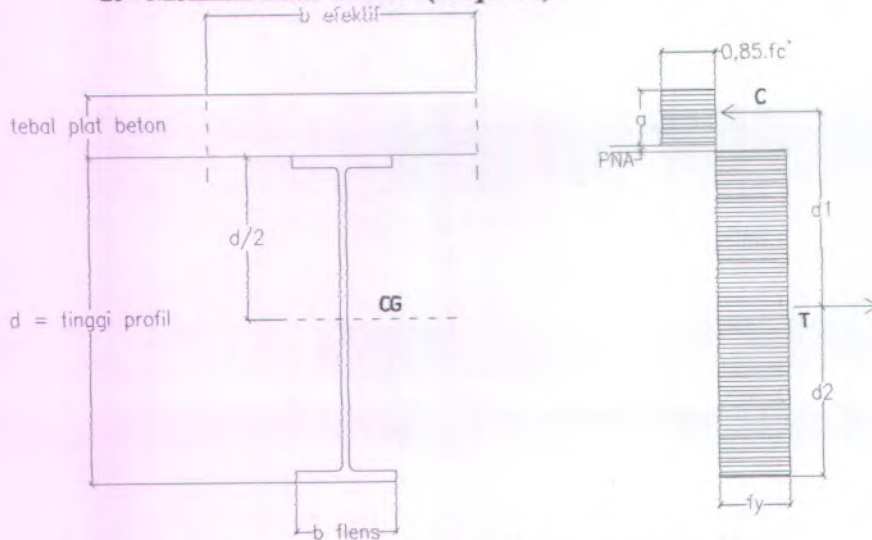
$$b_E = L/4 = 13/4 = 3,25 \text{ m}$$

$$b_E = b_E = 4 \text{ m}$$

$$b_E = b_f + 16t_s = 0,302 + 16 (0.2) \text{ m} = 3,502 \text{ m}$$

dipilih  $b_E = 3,25 \text{ m}$

##### b. Memilih Luas daerah (As perlu)



Gambar 4.3.1.4.1. Tegangan kerja komposit metode plastis

$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b_E$ , dimana untuk mencari gaya yang bekerja pada penampang beton plat (tegangan merata sebesar  $0,85 \cdot f_c'$  yang bekerja pada tebal  $a$ )

$$\text{As yang dibutuhkan} = \frac{Mu}{\phi_b \cdot f_y \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right)}$$

.....(C.G Salmon. 16.11.2. hal. 605)

$\phi_b = 0,85$  untuk balok komposit

$t_s =$  tebal plat

- $d$  = tinggi profil  
 $a$  = untuk  $t_s = 20$  cm, asumsi  
 a berada ditengah = 10 cm

$$\begin{aligned}
 \text{As yang dibutuhkan} &= \frac{251004350}{0,85 \cdot 390 \cdot \left( \frac{912}{2} + 200 - \frac{100}{2} \right)} \\
 &= 1496,40 \text{ mm}^2
 \end{aligned}$$

c. **Penentuan lokasi sumbu netral plastis dan pemeriksaan kekuatan komposit**

Diasumsikan sumbu netral berada didalam slab,  $a < t_s$  sehingga :

$$a = \frac{As \cdot f_y}{0,85 \cdot f_c' \cdot b \cdot E} = 8,48 \text{ mm, sehingga } a < t_s, \text{ garis}$$

netral berada pada badan slab, sehingga :

$$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot b \cdot E = 0,85 \cdot 25 \cdot 8,48 \cdot 3250 = 583307,40 \text{ N}$$

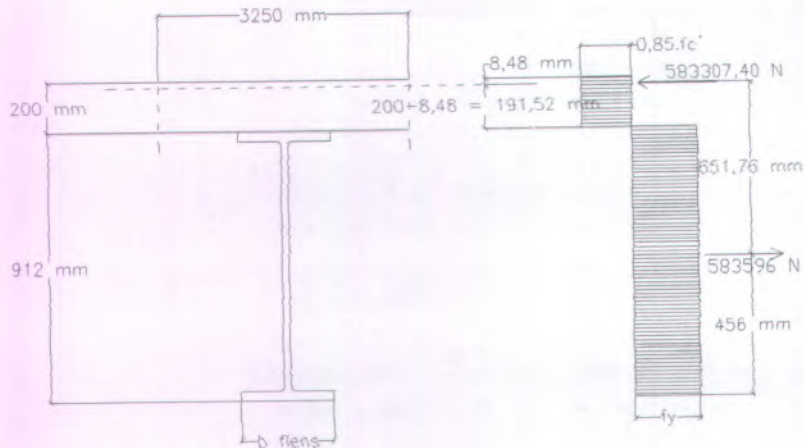
$$T = As \cdot f_y = 1496,40 \cdot 390 = 583596 \text{ N}$$

$$d_1 = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{912}{2} + 200 - \frac{8,48}{2} = 651,76 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned}
 M_n &= As \cdot f_y \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) = 1496,40 \cdot 390 \cdot 651,76 \\
 &= 380364529 \text{ Nmm}
 \end{aligned}$$

$$M_p = \phi_b \cdot M_n = 0,85 \cdot 380364529 = 323309849,6 \text{ Nmm}$$

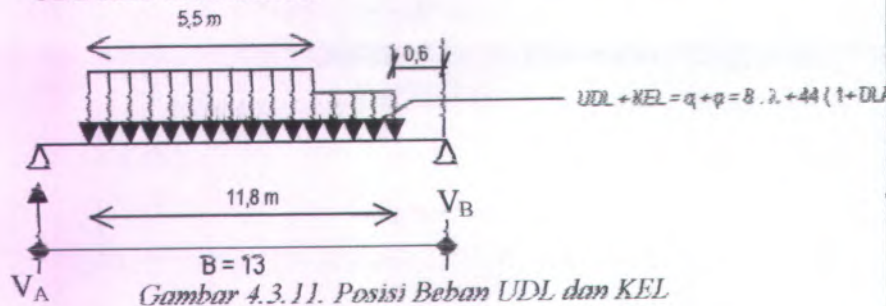




Gambar 4.3.1.4.2. Posisi garis netral plastis pada komposit

d. Gaya Geser maksimum

Gaya Geser Maksimum  $\{ \tau_{maks} \}$  diperoleh jika jumlah UDL KEL tidak simetris



Gambar 4.3.11. Posisi Beban UDL dan KEL

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 13 - 17840 \cdot 5,5 \cdot \left\{ (0,5 \times 5,5) + 6,3 + 0,6 \right\} - (0,5 \times 17840 \times 6,3) \cdot \left\{ (0,5 \times 6,3) + 0,6 \right\} = 0$$

$$V_A = \frac{946858 + 210735}{13} = 89045,62 \text{ kg}$$

Untuk menghitung :

1. Sambungan balok melintang ke rangka dan menjadi beban pada rangka

$$V_1 = 39648 \text{ kg} + 89045,62 \text{ kg} = 128693,62 \text{ kg}$$

Jika diasumsikan diterima badan WF, maka

$$\tau^{\circ}_{\text{maks}} = \frac{V_1}{A_{\text{badan}}} = \frac{128693,62}{370,6} = 347,26 \text{ kg/cm}^2 \leq$$

$$\tau_{\text{baja}} = 924 \text{ kg/cm}^2$$

2. Penentuan Jumlah Shear Conector, dimana juga menentukan Shear Flow

$$V_1 = 128693,62 \text{ kg}$$

Kebutuhan Shear Connector adalah

Direncanakan Studs Diameter 25 mm tinggi total 100mm, kekuatan pada beton  $f_c' = 20 \text{ Mpa}$

Adalah 144 Mpa (BMS bagian 7 tabel 7.10, hal.7.101) jarak memanjang antar shear connector adalah 400 mm (rencana)

#### e. Lendutan/kekakuan

$$\Delta^{\circ} = f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{EI} \leq \bar{\Delta} = \frac{B}{800} = 1300/800$$

$$= 1,625 \text{ cm}$$

$$\Delta^{\circ} = (5/384) \cdot ((1,784 + 0,2936) \cdot 13^4 / 2 \cdot 10^6) + (100 \cdot 13^3 / 2 \cdot 10^6) \leq \bar{\Delta} = \frac{B}{800} = 1,3 \text{ cm}$$

$$\Delta^{\circ} = 0,15 \text{ cm} \leq \bar{\Delta} = 1,3 \text{ cm} \dots (\text{BMS Manual 6.8.2})$$

#### 4.3.2 Sambungan Balok Memanjang dan Balok Melintang

Sambungan balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan baut dengan diameter 12 mm dan pelat penyambung L 75.75.10

Baut tipe tumpu dan dibor

Baut  $\emptyset$  12 BJ 41

$$A_b = 1,130973355 \text{ cm}^2$$

Baut dibor  $\varnothing$  lubang =  $12 + 1,60 = 13,6$  mm

Sambungan siku Balok Memanjang ( 1 bidang geser )

**Kontrol kekuatan baut :**

$$\begin{aligned}\varnothing Vd &= 0,75 \times 0,5 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4100 \times 1 \times 1,130973355 \\ &= 1738,872 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varnothing Rn &= 0,75 \times 2,4 \times d \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 0,7 \times 4100 \\ &= 6199,2 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}P_u &= \frac{1}{2} \times (q_m \times \lambda + T) \\ &= \frac{1}{2} \times (1350,8 \times 4 + 13000) \\ &= 9201,6 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\varnothing Vd : 1738,872 \text{ kg (yang terkecil)}$$

$$\text{Banyaknya baut} = \frac{P_u}{\varnothing Rn} = \frac{9201,6}{1738,872} = 5,29 \approx 6$$

Sambungan Balok Melintang pada Rangka (2 bidang geser)

**Kontrol kekuatan baut :**

Bat diameter = 24 mm

$$\begin{aligned}\varnothing Vd &= 0,75 \times 0,5 \times f_u \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4100 \times 4,5 \times 2 \\ &= 13837,5 \text{ kg (menentukan)}\end{aligned}$$

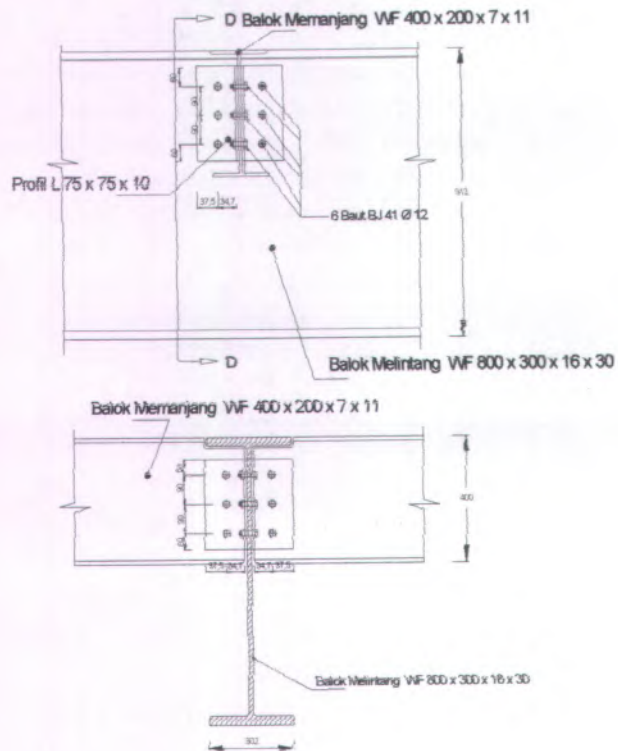
$$\begin{aligned}\varnothing Rn &= 0,75 \times 2,4 \times d \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 2,4 \times 2 \times 4100 \\ &= 35424 \text{ kg}\end{aligned}$$

$$\varnothing Vd : 13837,5 \text{ kg (yang terkecil)}$$

$$\begin{aligned}\text{Banyaknya baut} &= \frac{P_u}{\varnothing Rn} = \frac{128693,62}{13837,5} = 9,3, n = 10/2 \\ &= 5 \text{ buah}\end{aligned}$$

### Perencanaan Posisi pemasangan Baut

- Jarak Minimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Pasal 7.12.6.1 adalah tidak boleh kurang dari  $2,5 \phi$  nominal pengencang, sehingga nilai minimum yang didapat adalah  $2,5 \times 12 = 30 \text{ mm}$
- Jarak Tepi Minimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Tabel 7.21. dengan asumsi pemotongan pelat menggunakan mesin didapatkan nilai adalah  $1,5 \phi$  nominal pengencang, sehingga nilai minimum yang didapat adalah  $1,5 \times 12 = 18 \text{ mm}$ .
- Jarak Maksimum yang didapatkan sesuai dengan rencana bahwa pengencang tidak perlu memikul aksi rencana BMS 1992 Pasal 7.12.6.3. adalah  $32tp$  (*terkecil*) atau  $300 \text{ mm}$
- Jarak Tepi Maksimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Pasal 7.12.6.4. adalah sebesar  $12tp$  tetapi tidak boleh melebihi  $150 \text{ mm}$



Gambar 4.4.1. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar memanjang

### 4.3.2.2 Kontrol Profil

#### a. Kontrol Lendutan

$$\bar{y} = \frac{L}{800} = \frac{1300}{800} = 1,625$$

$$y^{\circ} = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{(1,2 \cdot 29,36) 1300^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 339000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{(1,6 \cdot 178,4) 1300^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 339000}$$

$$= 1,27$$

Dimana  $y^{\circ} < \bar{y}$

$$1,27 < 1,625 \dots\dots\dots \text{ok.!$$

#### b. Kontrol Penampang

Pelat sayap :  $\frac{bf}{2 \cdot tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}}$

$$\frac{302}{2 \cdot 30} < \frac{170}{\sqrt{390}} = 5,03 < 8,61 \dots \text{ok !}$$

Pelat Badan :  $\frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$

$$\frac{748}{16} < \frac{1680}{\sqrt{390}} = 46,75 < 85,07 \dots \text{ok !}$$

#### c. Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 1300 \text{ cm}$$

$$L_p = 277,940 \text{ cm}$$

$$L_r = 754,828 \text{ cm}$$

$$L_b > L_r$$

$$M_n = M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{EI_y GJ + (\pi E/L)^2 I_y \cdot I_w}$$

$$J = 1/3 \cdot b \cdot t^3 = 1/3 \cdot 30,2 \cdot 1,6^3 = 41,23 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I_y \cdot h^2/4 = 13800 \cdot 808^2/4 = 2,25 \cdot 10^9 \text{ cm}^6$$

$$C_b = 0,8$$

$$M_{cr} = 0,8 \cdot \pi/1300 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 41,23 + (\pi \cdot 2 \cdot 10^6 / 1300) \cdot 13800 \cdot 2,25 \cdot 10^9}$$

$$= 52067150 \text{ kg cm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 9287 \cdot 3900 = 36219300 \text{ kg cm}$$

$$M_{cr} > M_p \rightarrow M_n = 36219300 \text{ kg cm}$$

$$M_u < M_n \dots\dots\dots \text{ok!}$$

d. Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} ;$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{13000}{748}\right)^2} = 5,29$$

$$= \frac{748}{16} < 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5,29 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{3900}}$$

$$= 46,75 < 53,37 \quad (\text{plastis LRFD 8.8.2})$$

Sehingga Kuat geser nominal pelat badan sesuai LRFD 8.8.3

$$V_n = 0,6 \cdot f_y \cdot A_w$$

$$= 0,6 \cdot 3900 \cdot (1,6 \cdot 74,8)$$

$$= 280051,2 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,9 \cdot V_n \quad (\phi = 0,9 \text{ tabel 6.4.2. LRFD hal. 18})$$

$$= 0,9 \cdot 41580 = 252046,08 \text{ kg}$$

d. Untuk UDL dan KEL

$$V_u \text{ max} = (P \cdot l + q \cdot l) \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda$$

$$= (64 \text{ kN} + 114,4 \text{ kN/m}) \cdot \frac{1}{2} \cdot 13 \text{ m}$$

$$= 1159,6 \text{ kN}$$

e. Untuk Beban "T"

$$V_u \text{ max} = T \cdot (1+0,3)$$

$$= 100 \cdot (1,3) = 130 \text{ kN}$$

$$\text{Diambil } V_u \text{ max} = 1159,6 \text{ kN (terbesar)}$$

f. Untuk Beban merata (qd)

$$\begin{aligned} V_u \max &= \frac{1}{2} \cdot q_d \cdot \lambda \\ &= \frac{1}{2} \cdot 29,36 \cdot 4 = 58,72 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } V_u &= V_{ud \max} + V_{ul \max} \\ &= (1,2 \cdot 1159,6) + (1,6 \cdot 58,72) \\ &= 1485,472 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V_u &< \phi \cdot V_n \\ 148547,2 &< 280051,2 \text{ kg} \dots \text{ok..!} \end{aligned}$$



**BAB V**  
**PERENCANAAN STRUKTUR LANTAI**  
**KENDARAAN UNTUK JEMBATAN DENGAN**  
**BENTANG 80 M**

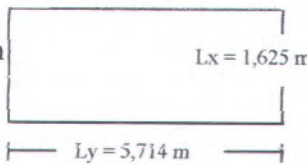
**5.1. Perencanaan Plat Lantai Kendaraan**

Perencanaan tebal minimum pelat lantai kendaraan menurut ketentuan BMS 1992 (pasal 6.7.2.1.) adalah :

$$ts \geq 200 \text{ mm} \quad \text{dimana : } ts = \text{tebal pelat lantai (mm)}$$

$$ts \geq 100 + 0,4L \quad L = \text{Bentang dari pelat lantai kendaraan (mm)}$$

Data-data perencanaan Pelat lantai kendaraan adalah sebagai berikut :

- ⇒ Panjang bentang ( $L_y$ ) = 5,714 meter (Jarak antar gelagar melintang)
  - ⇒ Lebar ( $L_x$ ) = 1,625 m
  - ⇒ Tebal Aspal = 50 mm
  - ⇒ Bj Beton ( $\gamma_c$ ) = 2,4 t/m<sup>3</sup>
  - ⇒ Bj Aspal ( $\gamma_{as}$ ) = 2,2 t/m<sup>3</sup>
  - ⇒ Mutu Beton = K 300
  - $f_c' = 25 \text{ Mpa}$
- 

$$f_c' = \left\{ 0,76 + 0,2 \cdot \log_{10} \left( \frac{\text{Mutu Beton}}{15} \right) \right\} \cdot \text{Mutu Beton}$$

(BMS 1992 seri 6 Pasal 6.1.4.)

- ⇒ Mutu Baja
- ⇒  $f_y = 390 \text{ Mpa}$
- $E_s = 2,1 \cdot 10^5 \text{ Mpa}$
- ⇒ Diameter Tulangan = 16 mm
- ⇒ Decking Beton,  $d' = 25 \text{ mm}$
- ⇒ Faktor Beban =
- Beton Cor ditempat,  $K_{ms}^u = 1,3$
- Muatan Truk T,  $K_{TT}^u = 2,0$

### 5.1.1. Perhitungan Pembebanan

Pembebanan Lantai Kendaraan

Pelat Lantai Kendaraan direncanakan dalam kondisi batas ultimate, maka beban-beban yang terjadi diberi faktor beban sebagai berikut :

- Berat sendiri beton yang dicor ditempat

$$K_{MS}^U = 1,3$$

- Beban mati tambahan pada kondisi umum

$$K_{MA}^U = 1,4$$

- Beban Hidup Truk "T"

$$K_{TT}^S = 2,0$$

Beban-beban yang bekerja pada lantai kendaraan adalah :

#### a). Beban mati

Beban mati yang bekerja pada pelat lantai kendaraan terdiri atas :

$$- \text{ Berat sendiri beton} = 1,3 \cdot 0,2 \cdot 24 = 6,24 \text{ kN/m}^2$$

$$- \text{ Berat Lapisan Aspal} = 0,05 \cdot 22 \cdot 2 = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Total beban mati (qD)} = 8,44 \text{ kN/m}^2$$

Momen pelat akibat beban mati dihitung sebagai berikut :

- Perhitungan Momen Tumpuan

$$\text{MUD} = 1/10 \times q_{Mu} \times Lx^2 = 1/10 \times 8,44 \times 1,625^2 = 2,23 \text{ kNm}$$

- Perhitungan Momen Lapangan

$$\text{MUD} = 1/12 \times q_{Mux} \times Lx^2 = 1/12 \times 8,44 \times 1,625^2 = 1,86 \text{ kNm}$$

#### b). Beban Hidup

Menurut BMS 1992 pasal 2.3.1. beban hidup yang digunakan dalam perencanaan pelat lantai adalah beban "T". Menurut BMS 1992 pasal 2.3.4. berat terbesar dari as truk adalah 200 kN atau berat terbesar dari 1 roda adalah 100 kN. Menurut BMS 1992 pasal 2.3.6. faktor kejut (DLA) adalah 0,3, sehingga  $PL = 2 \cdot (1 + 0,3) \cdot 100 = 260 \text{ kN}$ .

Momen pelat akibat beban hidup dihitung menurut BMS 1992 pasal 2.5.5.(b). sebagai berikut :

$$\begin{aligned}
 M_L \text{ Tumpuan} = M_L \text{ Lapangan} &= 0,8 \left( \frac{S+0,6}{10} \right) P = 0,8 \left( \frac{1,625+0,6}{10} \right) \cdot 260 \\
 &= 46,28 \text{ kN.m/meterpelat} \\
 \text{Mu} &= \text{MUD} + \text{MLD} \\
 &= 2,23 + 46,28 \\
 &= 48,51 \text{ kNm}
 \end{aligned}$$

### 5.1.2. Perhitungan Penulangan Pelat

Sesuai SKSNI 1991 sebagai berikut :

a). Perhitungan Tulangan arah melintang

- **Perhitungan Tulangan Tumpuan**

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$\phi = 16 \text{ mm (As} = 201,06 \text{ mm}^2\text{)}$$

$$d' = 25$$

$$d = 200 - 25 - 0,5 (16) = 167 \text{ mm}$$

$$\text{Mutot} = (1,2 \cdot 8,44) + (1,6 \cdot 46,28) = 84,176 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{b \cdot d^2 \cdot \phi} = \frac{84,176 \cdot 10 \text{ Nmm}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 167^2 \text{ mm}^3} = 0,0034$$

$$N/\text{mm}^2; m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,0034}{390}} \right)$$

$$\rho = 0,000009$$

$$\rho_{\min} = 0,0018$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 f_c' \beta_1}{f_{sy}} \cdot \frac{600}{600 + f_{sy}} \right] = 0,75 \left[ \frac{0,85249 \cdot 0,85}{390} \cdot \frac{600}{600 + 390} \right]$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot [0,056 \cdot 0,652] = 0,0275$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,000009 < 0,0018 < 0,0275$$

$$\text{maka } A_s = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 167 = 599,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_s \text{ perlu}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \right) \cdot \frac{1000}{599,53} = 335,37 \text{ mm}^2$$

### Dipasang D16 - 200

#### - Perhitungan Tulangan Lapangan

$$f_c' = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$t = 200 \text{ mm}$$

$$\phi = 16 \text{ mm (} A_s = 201,06 \text{ mm}^2)$$

$$d' = 25$$

$$d = 200 - 25 - 0,5 (16) = 167 \text{ mm}$$

$$M_u \text{ tot} = (1,2 \cdot 1,86) + (1,6 \cdot 46,28) = 76,28 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot \phi} = \frac{76,28 \cdot 10 \text{ Nm}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 167^2 \text{ mm}^3} = 0,0034 \text{ N/mm}^2$$

:

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right)$$

$$= \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,0034}{390}} \right)$$

$$\rho = 0,000008$$

$$\rho_{\text{min}} = 0,0018$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\text{maks}} = 0,75 \cdot [0,056 \cdot 0,652] = 0,0275$$

$$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} < \rho_{\text{maks}}$$

$$0,000008 < 0,0018 < 0,0275$$

$$\text{maka } A_y = \rho_{\text{min}} \cdot b \cdot d = 0,0018 \cdot 1000 \cdot 167 = 599,53 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_{s \text{ perlu}}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \right) \cdot \frac{1000}{599,53} = 335,7 \text{ mm}^2$$

**Dipasang D16 – 200**

b). Perhitungan Tulangan arah melintang

Untuk pelat arah memanjang cukup dipasang tulangan bagi sesuai dengan ketentuan SKSNI 1997 pasal 3.16.12 yaitu didapatkan  $\rho = 0,00218$  untuk  $f_y = 390$  & untuk tulangan bagi dipakai tulangan  $\phi 8$  ( $A_s = 50,27 \text{ mm}^2$ ) sehingga :

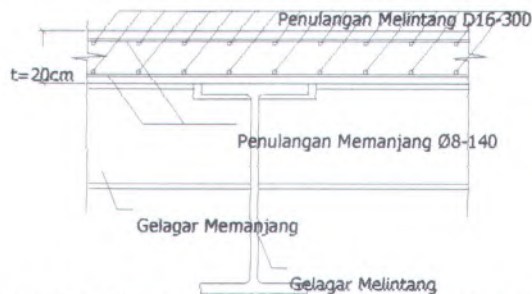
$$A_{s \text{ perlu}} = \rho \cdot b \cdot h = 0,00218 \cdot 1000 \cdot 167 = 346,06 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_{s \text{ perlu}}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 8^2 \right) \cdot \frac{1000}{346,06} = 145,$$

$$177 \text{ mm}^2$$

**Dipasang  $\phi 8 - 140$**

Untuk pemasangan tulangan tumpuan disamakan dengan tulangan lapangan yaitu  $\phi 8 - 140$



Gambar 5.1.2.1. Skema Penulangan Pelat Lantai Kendaraan

### 5.1.3. Kontrol Stabilitas Pelat Lantai Kendaraan

a. Kontrol tebal pelat lantai kendaraan

Menurut SKSNI 1992 pasal 3.2.5.(a). bila pelat beton bertulang tidak dihitung lendutannya maka tebal minimumnya adalah  $1/28$  (untuk ujung menerus), dan juga harus dikalikan faktor  $\left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right)$  bila  $f_y$  lain dari 400 Mpa, sehingga

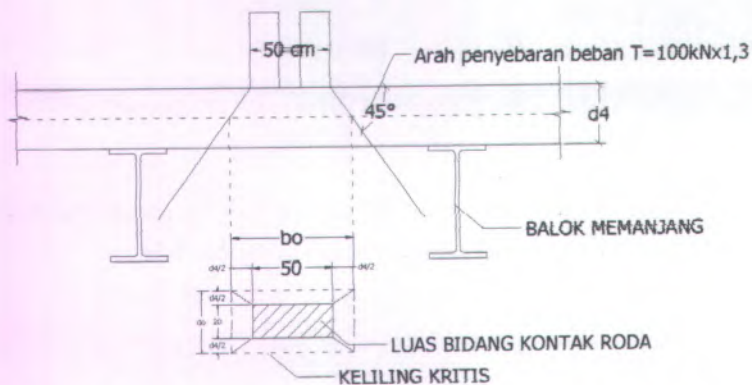
tebal pelat minimum adalah :

$H_{min} =$

$$\frac{Lx}{28} \left(0,4 + \frac{f_y}{700}\right) = \frac{1625}{28} \left(0,4 + \frac{390}{700}\right) = 55,5\text{mm}$$

$H_{min} < H_{actual}$  (200 mm) .....ok!

b. Kontrol Geser Pons Lantai



Gambar 5.1.3.1. Skema Distribusi Pembebanan akibat Roda Kendaraan

Menurut BMS 1992 pasal 6.7.2

$$V_{uc} = u.d.(f_{cv} + 0,3.\sigma_{cp})$$

$$\text{dengan } f_{cv} = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta \cdot h}\right) \cdot \sqrt{f_c'} \leq 0,34 \sqrt{f_c'}$$

$V_{uc}$  = kekuatan geser Ultimate dengan tidak memperhitungkan tulangan geser.

$u$  = Panjang efisien dari garis keliling geser kritis.

$d$  = Tinggi efektif diambil rata-rata disekeliling garis keliling geser kritis

$f_{cv}$  = Kuat geser beton.

$\sigma_{cp}$  = Intensitas rata-rata prategang efisien pada beton.

$\beta h$  = Perbandingan antara dimensi terpanjang dan terpendek dari luas efisien yang dibebani.

Kontrol gaya geser pons pada pelat lantai kendaraan diperhitungkan terhadap beban truk "T" sebagai berikut :

- Beban Truk "T" dengan  $P = 25$  kN luas bidang kontak roda  $125\text{mm} \times 200\text{mm}$  (gaya geser ultimate)

$$P_u = K_T^U + (1 + DLA) \cdot P = 2 \cdot (1 + 0,3) \cdot 25 = 65 \text{ kN}$$

Kekuatan geser Pons beton ditentukan sebagai berikut :

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 125 + 2 \cdot \frac{t_{\text{plat}}}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{t_{\text{plat}}}{2} \right) \right\}$$

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 125 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) \right\} = 1450$$

$$f_{cv} = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{\beta h}\right) \cdot \sqrt{f_c'} = 0,17 \cdot \left(1 + \frac{2}{1,75}\right) \cdot \sqrt{25} = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ kN/mm}$$

$$0,34 \cdot \sqrt{f_c'} = 1,696 \text{ Mpa} = 1,696 \cdot 10^{-3} \text{ kN/mm}$$

diambil  $d = 16,7$  cm (sesuai dengan perencanaan tulangan)

$$V_{uc} = 1450 \cdot 167 \cdot (1,818 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}) \\ = 503,672 \text{ kN}$$

Sehingga kontrol kekuatan geser pons lantai

$$P_u = 65 \text{ kN} < V_{uc} = 503,672 \text{ kN} \dots \text{ok!}$$



- Beban Truk dengan "T" dengan  $P = 100$  kN dan luas bidang kontak roda

500mmx200mm (gaya geser ultimate)

$$Pu = K^U_T + (1 + DLA)P = 2,0 \cdot (1 + 0,3) \cdot 100 = 260 \text{ kN}$$

Kekuatan geser Pons beton ditentukan sebagai berikut :

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 500 + 2 \cdot \frac{t \text{ plat}}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{t \text{ plat}}{2} \right) \right\}$$

$$u = 2 \cdot \left\{ \left( 500 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) + \left( 200 + 2 \cdot \frac{200}{2} \right) \right\} = 2200$$

$$f_{cv} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{\beta h} \right) \sqrt{f_c'} = 0,17 \left( 1 + \frac{2}{1,75} \right) \sqrt{25} = 1,818 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}^2$$

$$0,34 \cdot \sqrt{f_c'} = 1,696 \text{ Mpa} = 1,696 \cdot 10^{-3} \text{ kNmm}^2$$

diambil  $d = 16,7$  cm (sesuai dengan perencanaan tulangan)

$$V_{uc} = 2200 \cdot 167 \cdot (1,818 \cdot 10^{-3} + 0,3 \cdot 2,1 \cdot 10^{-3}) \\ = 899,395 \text{ kN}$$

Sehingga kontrol kekuatan geser pons lantai

$$Pu = 260 \text{ kN} < V_{uc} = 899,395 \text{ kN} \dots \text{ok!}$$

#### 5.1.4. Perencanaan bangunan Pelengkap

##### - Kerb

Trotoar direncanakan dengan lebar 60 cm dan tebal 20 cm dan ditempatkan di atas lantai kendaraan pada gelagar tepi yang dibatasi dengan balok beton bertulang pada kedua tepinya dan diisi pasir padat di tengahnya serta dilapisi tegel di atasnya. Sehingga sifatnya hanya membebani gelagar/balok utama

Kerb direncanakan dalam kondisi batas Ultimate, sehingga beban-beban yang bekerja perlu diberi faktor beban sebagai berikut :

Beban mati tambahan  $K^U_{MA} = 2,0$ .

Lebar trotoar direncanakan 0,6 meter, trotoar dibatasi oleh Kerb dengan dimensi 15 x 20, direncanakan



mampu menahan beban sebesar 15 kN/m, sepanjang bagian atas kerb. Maka untuk trotoar setiap 1 meter beban yang bekerja adalah :

$$P_u = 2.15 = 30 \text{ kN}$$

Momen yang bekerja pada trotoar adalah :

$$M_u = P_u \cdot L = 30.0,2 = 6 \text{ kNm}$$

$$M_n = \frac{M_u}{\phi} = 6/0,8 = 7,5 \text{ kNm} = 7500000 \text{ Nmm}$$

Direncanakan tulangan menggunakan  $\phi 12$  ( $A_s = 113,04 \text{ mm}^2$ ) dengan decking 30 mm, maka :

$$\begin{aligned} d &= h - \text{decking} - \frac{1}{2} \phi \\ &= 150 - 30 - (1/2.12) \\ &= 124 \text{ mm} \end{aligned}$$

$$R_n = (7500000 / (1000 \times 124^2)) = 0,49$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_{sy} = 1,4 / 390 = 0,00359$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \rho_{\text{balance}}$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot \left[ \frac{0,85 f_c \beta_1}{f_{sy}} \cdot \frac{600}{600 f_{sy}} \right] = 0,75 \left[ \frac{0,85 \cdot 24,9 \cdot 0,85}{390} \cdot \frac{600}{600 \cdot 390} \right]$$

$$\rho_{\max} = 0,75 \cdot [0,056 \cdot 0,652] = 0,02$$

$$m = 390 / (0,85 \times 24,9) = 18,43$$

$$\rho = 1 / 18,43 \times (1 - \sqrt{1 - ((2 \times 18,43 \times 0,49) / 390)}) = 0,009$$

$$\text{maka } A_s' = \rho \cdot b \cdot d = 0,009 \cdot 1000 \cdot 124 = 1116 \text{ mm}^2$$

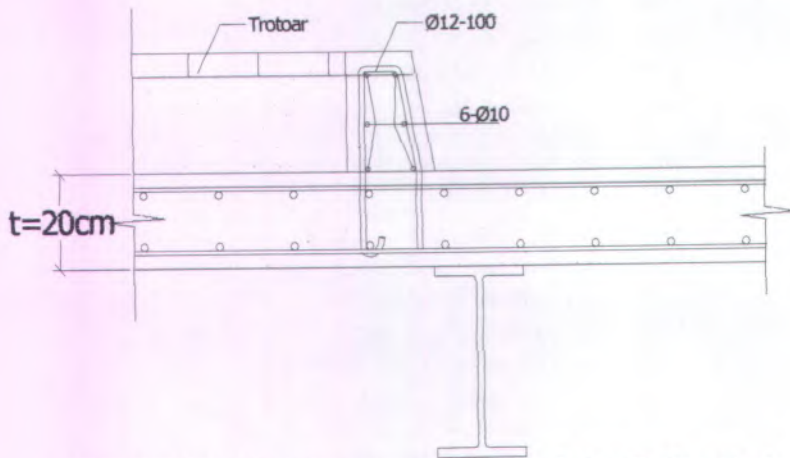
$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \frac{1000}{A_{\text{perlu}}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 12^2 \right) \frac{1000}{1116} = 101,34 \text{ mm}^2$$

#### Dipasang D12 – 100

Untuk tulangan penahan digunakan rasio tulangan minimum, dimana :

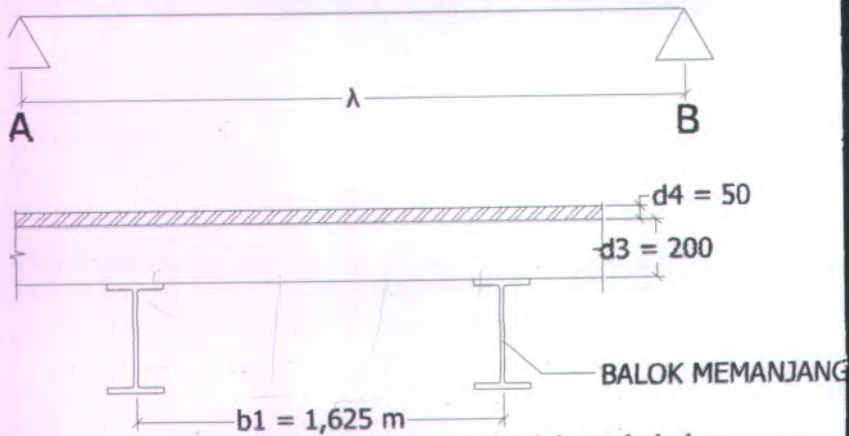
$$\text{maka } A_s' = \rho_{\min} \cdot b \cdot d = 0,00359 \cdot 1000 \cdot 124 = 445,16 \text{ mm}^2$$

sehingga dibutuhkan 6- $\phi 10$



Gambar 5.1.4.1. Skema Penulangan Kerb dan Stuktur dari Trotoar

## 5.2. Perencanaan Gelagar Memanjang



Gambar 5.2.1. Perencanaan dari tebal plat dan jarak antar gelagar

( $\lambda$  = jarak gelagar memanjang/jarak antar gelagar melintang)

Disini diasumsikan bahwasannya perletakan pada tumpuan A & B adalah perletakan sederhana (sendi). Perletakan tersebut adalah sambungan pada gelagar melintang berupa *simple connection*, yang nantinya akan berupa sambungan geser.

Profil yang akan digunakan adalah WF 400 x 400 x 13 x 21

W	: 172	kg/m <sup>3</sup>
I <sub>x</sub>	: 66600	cm <sup>4</sup>
A	: 400	mm
I <sub>y</sub>	: 22400	cm <sup>4</sup>
B	: 408	mm
i <sub>x</sub>	: 17,5	cm
w	: 13	mm
i <sub>y</sub>	: 10,10	cm
t <sub>f</sub>	: 21	mm
S <sub>x</sub>	: 3330	cm <sup>3</sup>
r	: 22	mm
S <sub>y</sub>	: 1120	cm <sup>3</sup>
F	: 218,7	cm <sup>2</sup>
Z <sub>x</sub>	: 3600	cm <sup>3</sup>
h	: 400 - (2.21)	mm : 358 mm
Z <sub>y</sub>	: 1695	cm <sup>3</sup>

### 5.2.1. Perhitungan Pembebanan

#### a). Beban Mati

$$\text{-berat aspal} = 0,05 \cdot 1,625 \cdot 22 \cdot 2 = 3,575 \quad (\text{kN/m}')$$

$$\text{-berat beton} = 0,20 \cdot 1,625 \cdot 24 \cdot 1,3 = 10,14 \quad (\text{kN/m}')$$

$$\text{-berat sendiri profil} = 0,566 \quad (\text{kN/m}')$$

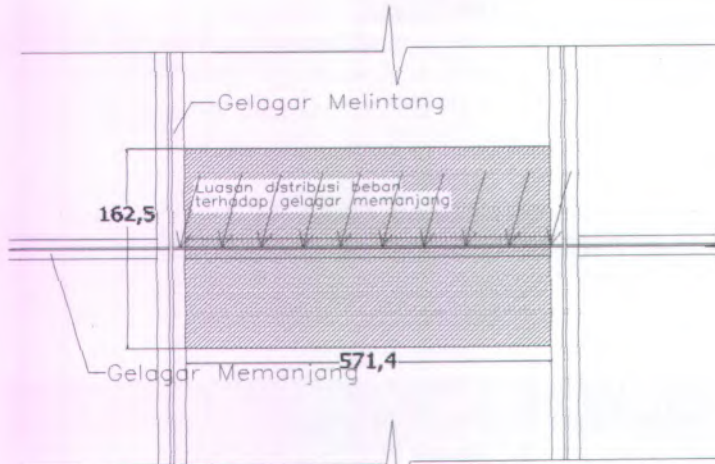
$$\text{-berat bekisting (10% . Wbeton)} = 0,1 \cdot 10,14 = 1,014 \quad (\text{kN/m}')$$

$$q_{mu} = 15,295 \quad (\text{kN/m}')$$

$$\text{Momen lentur pada tengah bentang : } M_D = 1/8 \cdot q_{mu} \cdot \lambda^2 \quad \text{kN/m}^2$$

$$= 1/8 \cdot 15,295 \cdot 5,714^2$$

$$= 62,42 \text{ kNm}$$



Gambar 5.2.1.1. Pendistribusian Beban Pelat Terhadap Gelagar memanjang

b). Beban Hidup

Dengan Perhitungan Garis Pengaruh untuk menentukan koefien beban.

- **Beban Merata (UDL):**  $\lambda = L = 5,714 \text{ m} < 30 \text{ m}$   
dimana besar  $q = 8 \text{ kPa} = 8 \text{ kN/m}^2$   
dan  $qL_1 = q \cdot b_1 \text{ ( kN/m )}$ , sehingga  $qL_1 = 8 \cdot 1,625$   
 $= 13 \text{ kN/m}$

- **Beban Garis (KEL)**,  $P = 44 \text{ kN/m}$ , Beban KEL harus diperbesar dengan DLA (Dynamic Load Allowance) untuk memperhitungkan pengaruh dinamik, dimana persamaan untuk Balok memanjang menjadi

$$DLA = 40\% \text{ (Gambar 2.8 BMS 1992 hal. 2.29)}$$

$$P = (1 + DLA) \cdot b_1 \cdot P \text{ ( kN )}$$

$$P = (1 + 0,4) \cdot 1,625 \cdot 44$$

$$= 100,1 \text{ kN}$$

Dengan Anaslias Garis Pengaruh, didapat Momen Maksimal sebesar =

$$\begin{aligned} M_{L1} &= P \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda + q_{L1} \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \cdot \frac{1}{2} \cdot \lambda \quad (\text{kN.m}) \\ &= (100,1,0,25,5,714) + (13,0,25,5,714,0,5,5,714) \\ &= 196,05 \text{ kNm} \end{aligned}$$

**- Beban Akibat Truk " T "**

Dimana Beban T sebesar 100 kN, dengan faktor DLA sebesar 30 %, dengan Garis Pengaruh diperoleh Momen Maksimal sebesar:

$$\begin{aligned} M_{L2} &= T \cdot (1 + 0,3) \cdot \frac{1}{4} \cdot \lambda \quad (\text{kN.m}) \\ &= 100 \cdot (1 + 0,3) \cdot 0,25 \cdot 5,714 \\ &= 185,705 \text{ kNm} \end{aligned}$$

Sehingga Momen dari beban hidup menggunakan

$$M_{L1} = 196,05 \text{ kNm}$$

$$M_u = 258,47 \text{ kNm} = 2584700 \text{ kg cm}$$

**5.2.2. Kontrol Profil**

a. Kontrol Lendutan

$$\bar{y} = \frac{L}{800} = \frac{571,4}{800} = 0,71$$

$$\begin{aligned} y^o &= \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x} \\ &= \frac{5}{384} \cdot \frac{((15,295)) \cdot 571,4^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 66600} + \frac{1}{48} \cdot \frac{(100,1) \cdot 571,4^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 66600} \\ &= 0,154 + 0,0045 = 0,623 \end{aligned}$$

$$\text{Dimana } y^o < \bar{y}$$

$$0,623 < 0,71 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

b. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap : } \frac{bf}{2 \cdot tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{408}{2 \cdot 21} < \frac{170}{\sqrt{390}} = 9,71 < 10,752 \dots\dots \text{ok!}$$

$$\text{Pelat Badan : } \frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{358}{13} < \frac{1680}{\sqrt{390}} = 27,53 < 85,07 \dots \text{ok!}$$

c. Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 571,4 \text{ cm (jarak antar balok anak)}$$

$$L_p = 418,984 \text{ cm}$$

$$L_r = 1233,884 \text{ cm}$$

$$L_p < L_b < L_r$$

$$M_n = C_b [ M_r + (M_p - M_r) \cdot (L_r - L_b) / (L_r - L_p) ] \leq M_p$$

$$C_b = 1,06 \text{ (diambil yang maximum)}$$

$$M_r = S_x (f_y - f_r) \rightarrow f_r = 70 \text{ MPa}$$

$$= 3330 (3900 - 700) = 10656000 \text{ kg}$$

cm

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 3600 \cdot 3900 = 14040000 \text{ kg cm}$$

$$M_n = 1,06 [10656000 + (14040000 - 10656000) \cdot (1233,884 - 571,4) / (1233,884 - 418,984)]$$

$$= 30836257,93 \text{ kg cm} > M_p \dots$$

Dipakai  $M_p$  sebagai  $M_n = 14040000 \text{ kg cm}$

$M_u < M_n \dots \text{ok!}$

d. Kontrol geser

$$\frac{h}{tw} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{fy}} ;$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{5714}{358}\right)^2} = 5,31$$

$$= \frac{358}{13} < 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5,31 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{3900}}$$

$$= 27,54 < 58,82 \quad (\text{plastis LRFD 8.8.2})$$

Sehingga Kuat geser nominal pelat badan sesuai LRFD 8.8.3

$$\begin{aligned} V_n &= 0,6 \times f_y \times A_w \\ &= 0,6 \cdot 3900 \cdot 218,7 \\ &= 511758 \text{ kg} \\ \phi \cdot V_n &= 0,9 \cdot V_n \\ &= 0,9 \cdot 511758 = 460582,2 \text{ kg} \end{aligned}$$

a. Untuk UDL dan KEL

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= (P \times l + q l) \times \frac{1}{2} \times \lambda \\ &= (100,1 \text{ kN} + 13 \text{ kN/m}) \times \frac{1}{2} \times 5,714 \text{ m} \\ &= 323,13 \text{ kN} \end{aligned}$$

b. Untuk Beban "T"

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= T \times (1+0,3) \\ &= 100 \cdot (1,3) = 130 \text{ kN} \end{aligned}$$

Diambil  $V_u \text{ max} = 323,13 \text{ kN}$  (terbesar)

c. Untuk Beban merata (qd)

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= \frac{1}{2} \cdot q_d \cdot \lambda \\ &= \frac{1}{2} \cdot 13,508 \cdot 5,714 = 38,59 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Sehingga } V_u &= V_{ud \text{ max}} + V_{ul \text{ max}} \\ &= (1,2 \cdot 38,59) + (1,6 \cdot 323,13) \\ &= 563,32 \text{ kN} = 56332 \end{aligned}$$

$$V_u < \phi \cdot V_n$$

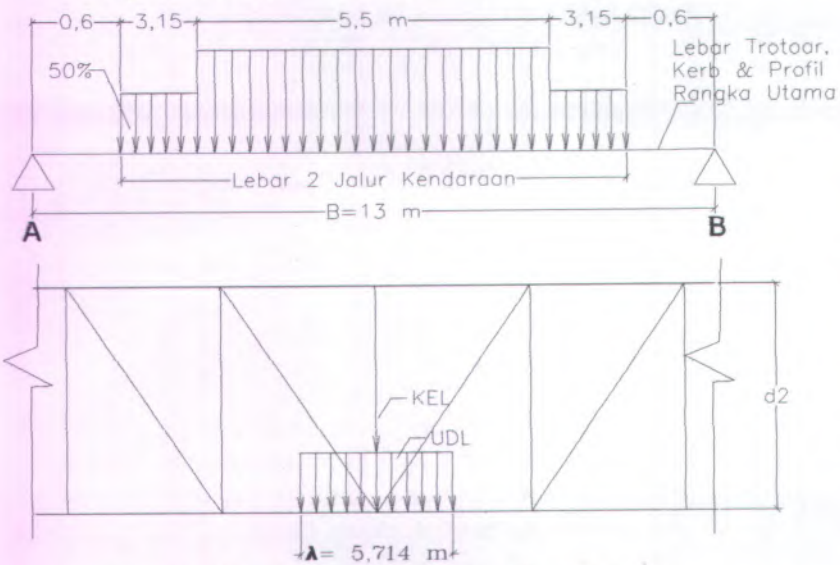
$$56332 < 460582,2 \text{ kg} \dots \text{ok..!}$$

### 5.3. Perencanaan Gelagar Melintang

Dalam perencanaan gelagar melintang, salah satu beban yang diterima adalah dari balok memanjang, yang akan didistribusikan menjadi beban terpusat kemudian didistribusikan menjadi beban merata kearah melintang (searah gelagar melintang) *gb.5.3.3*.

Profil yang akan digunakan adalah WF 900.300.18.34

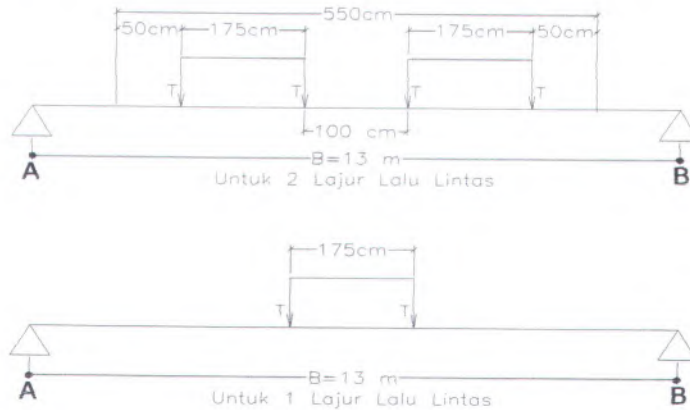
W	: 286	kg/m <sup>3</sup>	
I <sub>x</sub>	: 498000	cm <sup>4</sup>	
A	: 912	mm	
I <sub>y</sub>	: 15700	cm <sup>4</sup>	
B	: 302	mm	
i <sub>x</sub>	: 37	cm	
t <sub>w</sub>	: 18	mm	
i <sub>y</sub>	: 6,56	cm	
t <sub>f</sub>	: 34	mm	
S <sub>x</sub>	: 10900	cm <sup>3</sup>	
r	: 28	mm	
S <sub>y</sub>	: 1040	cm <sup>3</sup>	
F	: 364	cm <sup>2</sup>	
Z <sub>x</sub>	: 12221	cm <sup>3</sup>	
h	: 912 - (2.34)	mm	: 844 mm
Z <sub>y</sub>	: 1619	cm <sup>3</sup>	



Gambar 5.3.1. Pendistribusian Beban Merata Terhadap gelagar Melintang



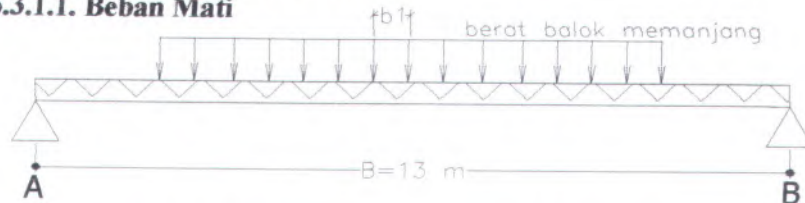
Dalam arah melintang perlu diperhatikan beban "T" dan kedudukannya.



Gambar 5.3.2. Skema beban terpusat

### 5.3.1. Perhitungan Pembebanan

#### 5.3.1.1. Beban Mati



Gambar 5.3.1.1.1. Skema Pendistribusian beban  $q_{m1}$

a). Sebelum Komposit ( $q_{m1}$ )

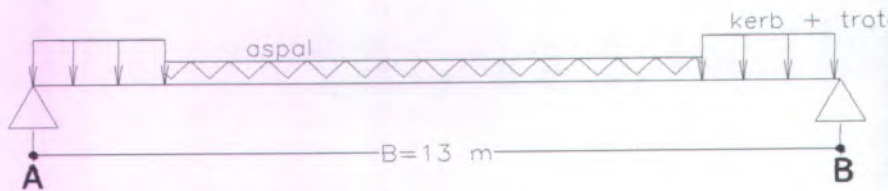
- Berat balok memanjang =  $(1,72 \text{ kN/m} \cdot 5,714 \text{ m}) / 2 \text{ m} \cdot 1,1 = 5,41 \text{ kN/m}$
  - Berat balok melintang =  $2,86 \cdot 1,1 = 3,15 \text{ kN/m}$
  - Berat pelat beton =  $5,714 \cdot 24 \cdot 0,2 \cdot 1,3 = 35,66 \text{ kN/m}$
  - Berat bekisting =  $10\% \text{ berat beton} = 3,566 \text{ kN/m}$
- $q_{m1} = 47,786 \text{ kN/m}$

$$R_A = R_B = \frac{1}{2} \cdot 47,786 \cdot 13 = 310,609 \text{ kN}$$

$$M_{q_{MI}} = \frac{1}{8} q_{MI} B^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 47,786 \cdot 13^2 = 1009,48 \text{ kNm} \approx 10094800 \text{ kg cm}$$

b). Sesudah Komposit (qm2)



Gambar 5.3.1.1.2.. Skema Pendistribusian beban  $q_{m2}$

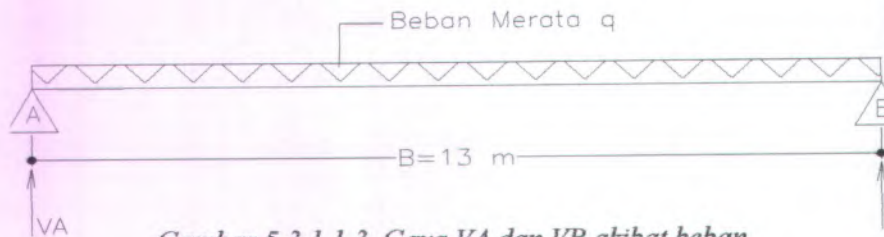
$$\text{- Berat Aspal} = 5,714 \cdot 22 \cdot 0,05 = 6,29 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Berat Trotoar+Kerb} = \frac{0,4 \cdot 24 \cdot 5,714 \cdot 1,3}{q_{m1}} = \frac{71,31}{77,6} \text{ kN/m}^2$$

$$M_{q_{MI}} = \frac{1}{8} q_{MI} B^2$$

$$= \frac{1}{8} \cdot 77,6 \cdot 13^2 = 1639,3 \text{ kNm} \approx 16393000 \text{ kg cm}$$

$$V_A = V_B = \frac{(q_{m1} + q_{m2}) \cdot B}{2} = \frac{(47,786 + 77,6) \cdot 13}{2} = 813,45 \text{ kN}$$



Gambar 5.3.1.1.3. Gaya  $V_A$  dan  $V_B$  akibat beban merata pada gelagar

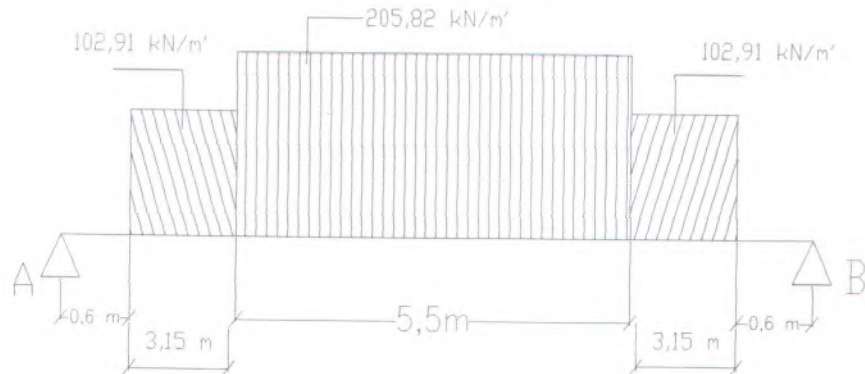
### 5.3.1.2. Beban Hidup ( $q_h$ )

Beban hidup untuk gelagar melintang adalah beban D yaitu

$$1. \text{ Beban merata (UDL), } q = 8 \text{ kPa} \times \lambda = 8 \text{ kN/m}^2 \times 5,714 \text{ m} \times 2 = 91,42 \text{ kN/m}^2$$

2. Beban Garis (KEL),  $p = 44 \text{ kN/m}^2 \times 2 \times (1 + 0,3) = 114,4 \text{ kN/m}^2$

$$(p+q) = 91,42 + 114,4 \\ = 205,82 \text{ kN/m}^2 = 2,0582 \text{ kN/cm}^2$$



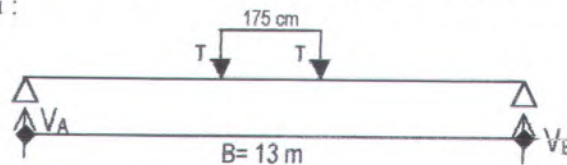
Gambar 5.3.1.2.1. Beban  $p+q$  pada gelagar melintang

$$V_A = V_B = \frac{1}{2} \times ((2 \times 102,91 \times 3,15) + (205,82 \times 5,5)) \\ = 890,17 \text{ kN}$$

$$M_{\max} = 890,17 \cdot 6,5 - (205,82 \cdot 0,5 \cdot 5,5 \cdot (0,25 \cdot 5,5)) \\ - (102,91 \cdot 3,15 \cdot (0,5 \cdot 3,15 + 0,5 \cdot 5,5)) \\ = 1402,0125 \text{ kNm} = 14020125 \text{ kg cm}$$

### 5.3.1.3. Beban Truk (Beban T), $T = 100 \text{ kN}$

Permodelan beban dilakukan dengan dua macam, yaitu :

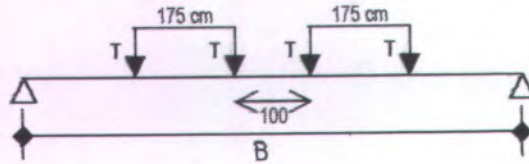


Gambar 5.3.1.3.1. Gaya  $V_A$  dan  $V_B$  akibat beban hidup akibat Truk Searah

$$T_u = 100 \text{ kN}$$

$$V_A = 100 \text{ kN}$$

$$M_{\text{maks}} = V_A \cdot 6,5 - T_u \cdot 0,875 = 650 - 87,5 = 562,5 \text{ kN.m}$$



Gambar 5.3.1.3.2. Gaya  $V_A$  dan  $V_B$  akibat beban hidup akibat Truk Dua Arah

$$V_A = 200 \text{ kN} ; T_u = 100 \text{ kN}$$

$$M_{\text{maks}} = V_A \cdot 6,5 - T_u \cdot (1,75 + 0,5) - T_u \cdot 0,5 = 1300 - 225 - 50 = 1025 \text{ kN.m}$$

Karena yang menghasilkan momen yang terbesar akibat UDL dan KEL maka momen yang menentukan adalah  $1402,0125 \text{ kNm} = 14020125 \text{ kg cm}$

Maka Momen Total akibat beban hidup dan mati :

$$M_{\text{maks total}} = M_{qM2} + M_{(p+q)}$$

$$= 16393000 + 14020125 = 30413125 \text{ kg.cm}$$

#### 5.3.1.4. Penentuan Garis Netral dengan metode plastis

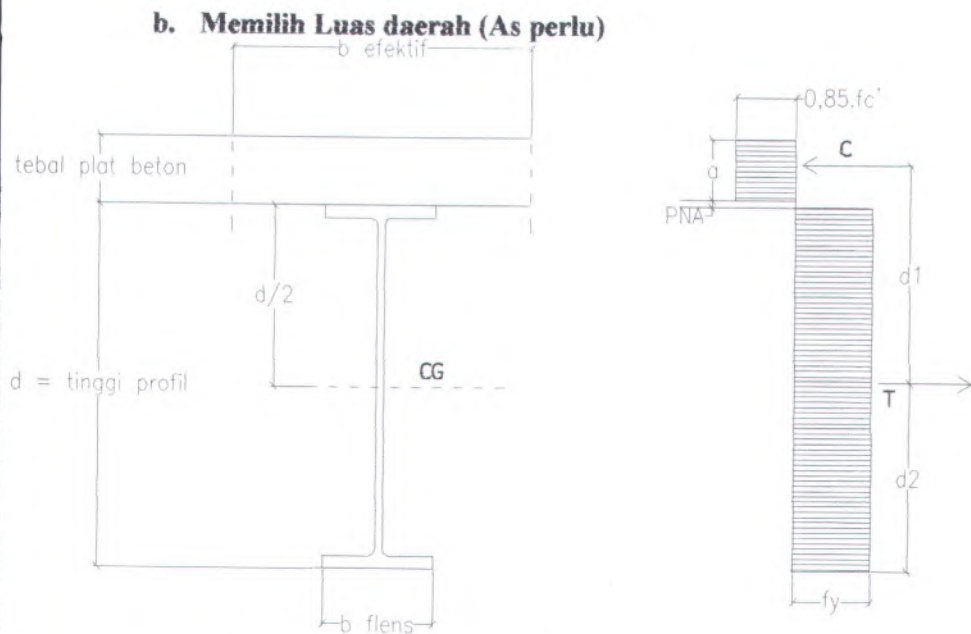
##### a. Penentuan $b_E$

$$b_E = L/4 = 13/4 = 3,25 \text{ m}$$

$$b_E = b_E = 5,714 \text{ m}$$

$$b_E = b_r + 16t_s = 0,302 + 16(0,2) \text{ m} = 3,502 \text{ m}$$

dipilih  $b_E = 3,25 \text{ m}$



Gambar 5.3.1.4.1. Tegangan kerja komposit metode plastis

$C = 0,85 \cdot f_c' \cdot a \cdot bE$  , dimana untuk mencari gaya yang bekerja pada penampang beton plat (tegangan merata sebesar  $0,85 \cdot f_c'$  yang bekerja pada tebal  $a$ )

$$\text{As yang dibutuhkan} = \frac{Mu}{\phi_b \cdot f_y \cdot \left( \frac{d}{2} + ts - \frac{a}{2} \right)}$$

.....(C.G Salmon. 16.11.2. hal. 605)

$\phi_b = 0,85$  untuk balok komposit

$ts$  = tebal plat

$d$  = tinggi profil

$a$  = untuk  $ts = 20$  cm,

asumsi a berada ditengah = 10 cm

$$As \text{ yang dibutuhkan} = \frac{304131250}{0,85 \cdot 390 \left( \frac{912}{2} + 200 - \frac{100}{2} \right)}$$

$$= 1513,93 \text{ mm}^2$$

**c. Penentuan lokasi sumbu netral plastis dan pemeriksaan kekuatan komposit**

Diasumsikan sumbu netral berada didalam slab,  $a < t_s$  sehingga :

$$a = \frac{As \cdot fy}{0,85 \cdot fc' \cdot bE} = 8,58 \text{ mm, sehingga } a < t_s, \text{ garis}$$

netral berada pada badan slab, sehingga :

$$C = 0,85 \cdot fc' \cdot a \cdot bE = 0,85 \cdot 25 \cdot 8,58 \cdot 3250 = 590186,025 \text{ N}$$

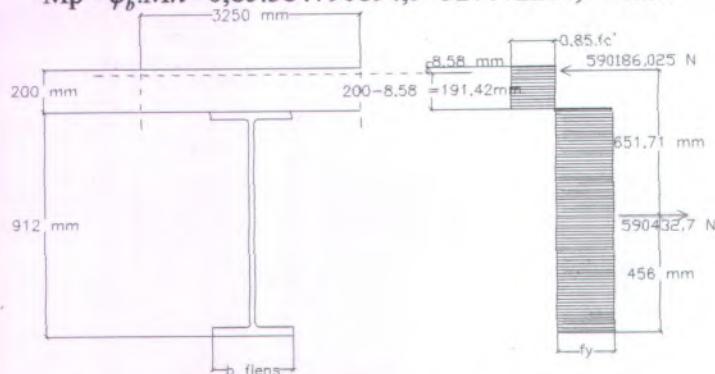
$$T = As \cdot fy = 1513,93 \cdot 390 = 590432,7 \text{ N}$$

$$d1 = \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} = \frac{912}{2} + 200 - \frac{8,58}{2} = 651,71 \text{ mm}$$

$$Mn = As \cdot fy \cdot \left( \frac{d}{2} + t_s - \frac{a}{2} \right) = 1513,93 \cdot 390 \cdot 651,71$$

$$= 384790894,9 \text{ Nmm}$$

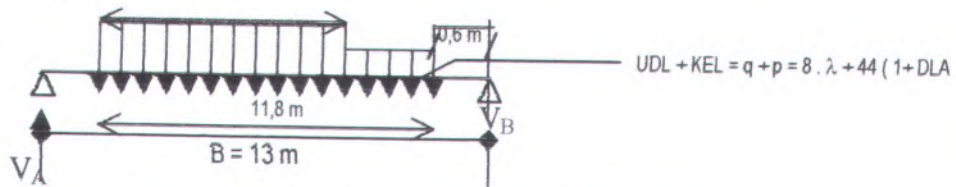
$$Mp = \phi_b \cdot Mn = 0,85 \cdot 384790894,9 = 327072260,7 \text{ Nmm}$$



Gambar 5.3.1.4.2. Posisi garis netral plastis pada komposisi

#### d. Gaya Geser maksimum

Gaya Geser Maksimum ( $\tau_{\text{maks}}$ ) diperoleh jika jumlah UDL KEL tidak simetris



Gambar 5.3.1.4.3. Posisi Beban UDL dan KEL

$$\sum M_B = 0$$

$$V_A \cdot 13 - 20582.5 \cdot (0.5 \times 5.5 + 6.3 + 0.6) - (0.5 \times 20582 \times 6.3) \cdot (0.5 \times 6.3 + 0.6) = 0$$

$$V_A = \frac{(1092389.65 + 243124.875)}{13} = 102731.89 \text{ kg}$$

Untuk menghitung :

1. Sambungan balok melintang ke rangka dan menjadi beban pada rangka

$$V = 81345 + 102731.89 = 184076.89 \text{ kg}$$

2. Penentuan Jumlah Shear Conector, dimana juga menentukan Shear Flow

$$V = 184076.89 \text{ kg}$$

Kebutuhan Shear Connector adalah

Direncanakan Studs Diameter 25 mm tinggi total 100mm, kekuatan pada beton  $f_c' = 20 \text{ Mpa}$

Adalah 144 Mpa (BMS bagian 7 tabel 7.10. hal. 7.101) jarak memanjang antar shear connector adalah 400 mm (rencana)

#### e. Lendutan/kekakuan

$$\Delta^o = f = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{EI} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{EI} \leq \frac{\Delta}{800} = 1300$$

$$/800 = 1,625 \text{ cm}$$

$$\Delta^{\circ} = (5/384) \cdot ((2,0582 + 0,776) \cdot 13^4 / 2 \cdot 10^6) + (100 \cdot 13^3 / 2 \cdot 10^6) \leq \bar{\Delta} = \frac{B}{800} = 1,3 \text{ cm}$$

$$\Delta^{\circ} = 0,16 \text{ cm} \leq \bar{\Delta} = 1,3 \text{ cm} \dots (\text{BMS Manual 6.8.2})$$

#### 5.4 Sambungan Balok Memanjang dan Balok Melintang

Sambungan balok memanjang dan melintang direncanakan menggunakan baut dengan diameter 12 mm dan pelat penyambung L 75.75.10

Baut tipe tumpu dan dibor

$$\text{Baut } \emptyset 12 \quad \text{BJ 41 Ab} = 1,130973355 \text{ cm}^2$$

$$\text{Baut dibor } \emptyset \text{ lubang} = 12 + 1,60 = 13,6 \text{ mm}$$

#### Sambungan siku Balok Memanjang ( 1 bidang geser )

**Kontrol kekuatan baut :**

$$\begin{aligned} \emptyset Vd &= 0,75 \times 0,5 \times f_u \times m \times A_b \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 4100 \times 1 \times 1,130973355 \\ &= 1738,872 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \emptyset Rn &= 0,75 \times 2,4 \times d \times t_p \times f_u \\ &= 0,75 \times 2,4 \times 1,2 \times 1,3 \times 4100 \\ &= 11513 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} P_u &= \frac{1}{2} \times (q_m \times \lambda + T) \\ &= \frac{1}{2} \times (1350,8 \times 5,714 + 100,1) \\ &= 7818,57 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\emptyset Vd = 1738,872 \text{ kg (yang terkecil)}$$

$$\text{Banyaknya baut} = \frac{P_u}{\phi \cdot Vd} = \frac{7818,57}{1738,872} = 4,5 \approx 6$$

#### Sambungan balok melintang dan rangka

Direncanakan baut  $\emptyset 30$

**Kontrol kekuatan baut :**

$$\begin{aligned} \emptyset Vd &= 0,75 \times 0,5 \times f_u \times A_b \times m \\ &= 0,75 \times 0,5 \times 5500 \times 7,1 \cdot 2 \end{aligned}$$



= 29287,5 kg ( menentukan )

$$\phi Rn = 0,75 \times 2,4 \times d \times t_p \times f_u$$

$$= 0,75 \times 2,4 \times 3 \times 2 \times 5500$$

$$= 59400 \text{ kg}$$

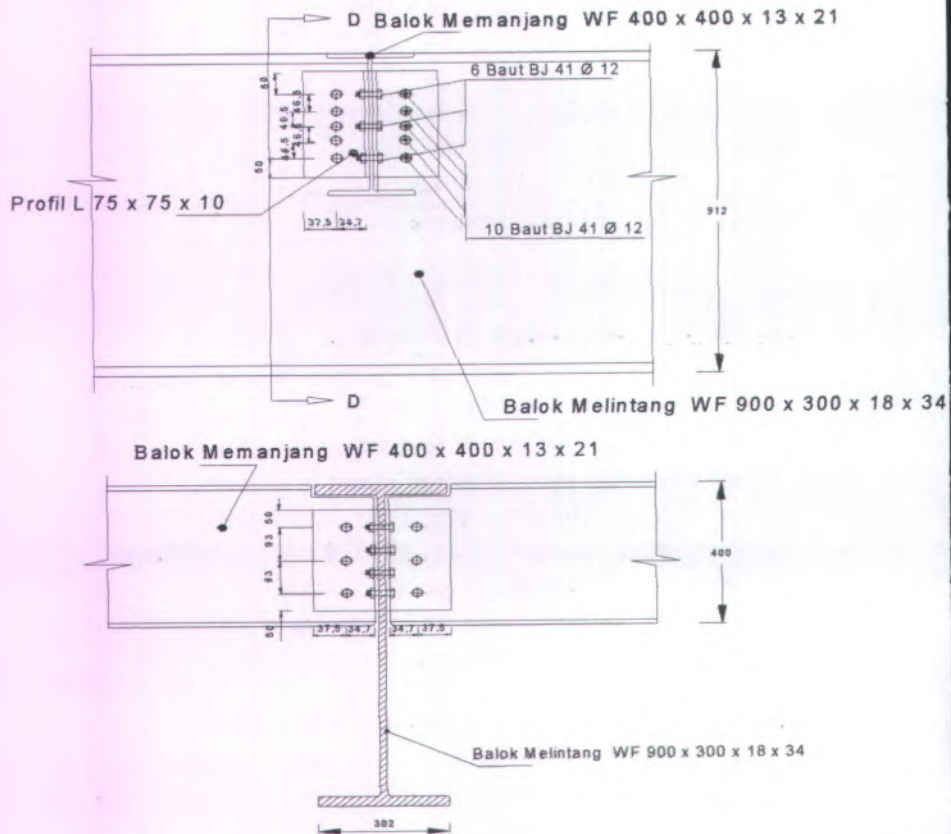
$$P_u = 184076,89 \text{ kg}$$

$\phi V_d$  yang menentukan adalah : 29287,5 kg (yang terkecil)

$$\text{Banyaknya baut} = \frac{P_u}{\phi Rn} = \frac{184076,89}{29287,5} = 6,29 \quad n = 8/2 = 4 \text{ buah}$$

#### **Perencanaan Posisi pemasangan Baut**

- Jarak Minimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Pasal 7.12.6.1 adalah tidak boleh kurang dari  $2,5 \phi$  nominal pengencang, sehingga nilai minimum yang didapat adalah  $2,5 \times 12 = 30 \text{ mm}$
- Jarak Tepi Minimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Tabel 7.21. dengan asumsi pemotongan pelat menggunakan mesin didapatkan nilai adalah  $1,5 \phi$  nominal pengencang, sehingga nilai minimum yang didapat adalah  $1,5 \times 12 = 18 \text{ mm}$ .
- Jarak Maksimum yang didapatkan sesuai dengan rencana bahwa pengencang tidak perlu memikul aksi rencana BMS 1992 Pasal 7.12.6.3. adalah  $32t_p$  (*terkecil*) atau  $300 \text{ mm}$
- Jarak Tepi Maksimum dari pusat pengencang ke tepi plat sesuai dengan BMS 1992 Pasal 7.12.6.4. adalah sebesar  $12t_p$  tetapi tidak boleh melebihi  $150 \text{ mm}$



Gambar 5.4.1. Sambungan Gelagar Melintang dan Gelagar memanjang

### 5.3.2. Kontrol Profil

#### e. Kontrol Lendutan

$$\bar{y} = \frac{L}{800} = \frac{1300}{800} = 1,625$$

$$y^o = \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot L^4}{E \cdot I_x} + \frac{1}{48} \cdot \frac{P \cdot L^3}{E \cdot I_x}$$

$$= \frac{5}{384} \cdot \frac{((1,2.77,6))13^4}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 498000} + \frac{1}{48} \cdot \frac{(1,6 \cdot 100) \cdot 1300^3}{2,1 \cdot 10^6 \cdot 498000}$$

$$= 0,124 + 0,00006 = 0,125$$

Dimana  $y^o < \bar{y}$

$$0,125 < 1,625 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

#### f. Kontrol Penampang

$$\text{Pelat sayap : } \frac{bf}{2 \cdot tf} < \frac{170}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{302}{2 \cdot 34} < \frac{170}{\sqrt{390}} = 4,44 < 8,61 \dots \text{ok!}$$

$$\text{Pelat Badan : } \frac{h}{tw} < \frac{1680}{\sqrt{fy}}$$

$$\frac{844}{18} < \frac{1680}{\sqrt{390}} = 46,89 < 85,07 \dots \text{ok!}$$

#### g. Kontrol Lateral Buckling

$$L_b = 1300 \text{ cm}$$

$$L_p = 272,132 \text{ cm}$$

$$L_r = 750,774 \text{ cm}$$

$$L_b > L_r$$

$$M_n = M_{cr} = C_b \cdot \frac{\pi}{L} \cdot \sqrt{E I_y G J + (\frac{\pi E}{L})^2 I_y \cdot I_w}$$

$$J = \frac{1}{3} \cdot b \cdot t^3 = \frac{1}{3} \cdot 30,2 \cdot 1,8^3 = 58,71 \text{ cm}^4$$

$$I_w = I_y \cdot \frac{h^2}{4} = 15700 \cdot \frac{844^2}{4} = 2,80 \cdot 10^9 \text{ cm}^6$$

$$C_b = 0,68$$

$$M_{cr} = 0,68 \cdot \pi/1300 \cdot \sqrt{2 \cdot 10^6 \cdot 0,8 \cdot 10^6 \cdot 15700} \\ \cdot 58,71 + (\pi \cdot 2 \cdot 10^{-6} / 1300) 15700 \cdot 2,8 \cdot 10^9 \\ = 32124683 \text{ kg cm}$$

$$M_p = Z_x \cdot f_y$$

$$= 12221 \cdot 3900 = 47661900 \text{ kg cm}$$

$$M_{cr} < M_p \rightarrow M_n = M_{cr} = 2221134,45 \text{ kg cm}$$

$$M_u = 30413125 \text{ kg cm} < M_n \dots \dots \dots \text{ ok!}$$

h. Kontrol geser

$$\frac{h}{t_w} \leq 1,10 \cdot \sqrt{\frac{k_n \cdot E}{f_y}} ;$$

$$k_n = 5 + \frac{5}{\left(\frac{a}{h}\right)^2} = 5 + \frac{5}{\left(\frac{13000}{844}\right)^2} = 5,32$$

$$= \frac{844}{34} < 1,10 \cdot \sqrt{\frac{5,32 \cdot 2,1 \cdot 10^6}{3900}} \\ = 24,82 < 58,87 \quad (\text{plastis LRFD 8.8.2})$$

Sehingga Kuat geser nominal pelat badan sesuai LRFD 8.8.3

$$V_n = 0,6 \times f_y \times A_w \\ = 0,6 \cdot 3900 \cdot (84,4 \times 1,8) \\ = 355492,8 \text{ kg}$$

$$\phi \cdot V_n = 0,9 \cdot V_n \\ = 0,9 \cdot 355492,8 = 319943,52 \text{ kg}$$

d. Untuk UDL dan KEL

$$V_u \text{ max} = (P + q) \times \frac{1}{2} \times \lambda \\ = (91,42 + 144,4 \text{ kN/m}) \times 13 \times \frac{1}{2} \\ = 1532,83 \text{ kN}$$

e. Untuk Beban "T"

$$V_u \text{ max} = T \times (1 + 0,3) \\ = 100 \cdot (1,3) = 130 \text{ kN}$$

$$\text{Diambil } V_a \text{ max} = 1582,83 \text{ kN (terbesar)}$$

f. Untuk Beban merata (qd)

$$\begin{aligned} V_u \text{ max} &= \frac{1}{2} \cdot qd \cdot \lambda \\ &= \frac{1}{2} \cdot 77,6 \cdot 13 = 504,4 \text{ kN} \end{aligned}$$

Sehingga  $V_u = V_{ud \text{ max}} + V_{ul \text{ max}}$

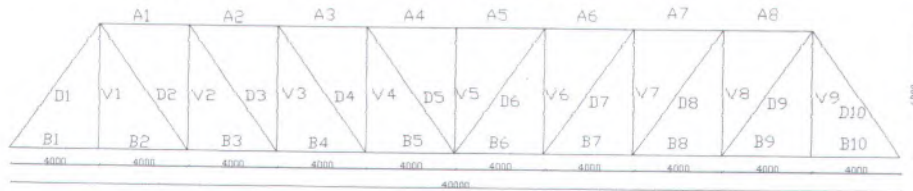
$$\begin{aligned} &= (1,2 \cdot 1582,83) + (1,6 \cdot 504,4) \\ &= 2646,436 \text{ kN} = 264643,6 \text{ kg} \\ V_u &< \phi \cdot V_n \\ 264643,6 &< 319943,52 \text{ kg} \dots \dots \text{ok..!} \end{aligned}$$



## BAB VI PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA UNTUK JEMBATAN DENGAN BENTANG 40 M

### 6.1. Pembebanan Saat Peluncuran

Pembebanan sebelum peluncuran adalah beban sendiri struktur rangka yang terpasang, alat penyambung, beban angin dan beban pekerja dengan asumsi struktur rangka bekerja secara kantilever pada ujung peluncuran.



Gambar 6.1.1. Sketsa rangka utama

- Beban Mati ( Menghitung beban P )

- Perkiraan berat Sendiri Rangka

Berat sendiri 2 gelagar induk ditaksir :

$$G = ( 20 + 3.L ) b.L \dots \dots ( \text{Paket Jembatan Ir. H.J. Struyk} )$$

$$= ( 20 + 3. 40 ) 13 . 40 = 72800 \text{ kg} = 728 \text{ kN}$$

- Berat 1 gelagar induk =  $728 / 2 = 364 \text{ kN}$

- Berat 1 titik simpul =  $364 / (n-1) = 364 / (11-1) = 36,4 \text{ kN}$   
= 3640 kg

sehingga beban mati adalah sebagai berikut,

- Berat Sendiri Balok Melintang =  $241 \times 13 \times \frac{1}{2} \times 1,1$   
= 1723,15 kg

- Berat balok memanjang =  $(56,6 \times 4) / 1,625 \times 13 \times \frac{1}{2} \times 1,1$   
= 1992,32 kg

- Berat rangka = 3640kg

---


$$P = 7355,47 \text{ kg}$$

- Beban Hidup

- Beban Hidup

Beban hidup selama peluncuran adalah beban pekerja yang diasumsikan sebesar 100 kg

- Beban Angin

Gaya nominal ultimate pada bangunan atas jembatan (Rangka) dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

Dimana :

$C_w$  = koefisien seret ( tabel 2.9 BMS ) = 1,2 ( untuk rangka batang)

$V_w$  = Kecepatan angin rencana (m/det) ( tabel 2.10 )

Untuk lokasi jembatan > 5 km dari pantai besar  $V_w = 30$  m/det

$A_b$  = luas ekivalen bagian samping jembatan

= luas total bagian yang masih dalam arah  $\perp$  sumbu memanjang jembatan.

Dimana untuk rangka batang, besar  $A_b$  adalah luas total bagian yang masih yang dibatasi oleh batang-batang terluar.

$$A_b = 30\% (10\lambda + 8\lambda) \frac{d}{2}$$

$$= 30\% (10.4 + 8.4) \frac{6}{2} = 64,8 \text{ m}^2$$

Maka besar beban angin :

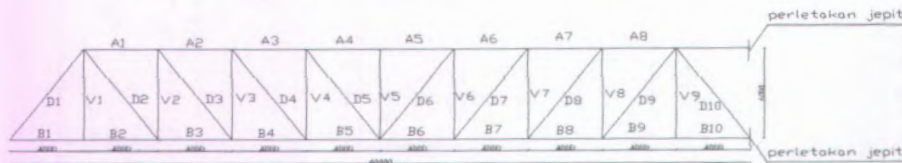
$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot 1,2 (30)^2 \cdot 64,8 = 41,99 \text{ kN}$$

→ yang diterima tiap titik simpul =  $41,99/10 = 4,199\text{kN}$

Beban angin tersebut berada pada joint yang ada di bawah, sehingga beban angin ditahan oleh ikatan angin bawah.

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 didapatkan gaya-gaya batang sebagai berikut :



Gambar 6.1.2. Sketsa Rangka sebelum peluncuran

Tabel 6.1.1. Nilai Gaya Batang pada saat peluncuran Akibat Beban mati dan Beban Hidup

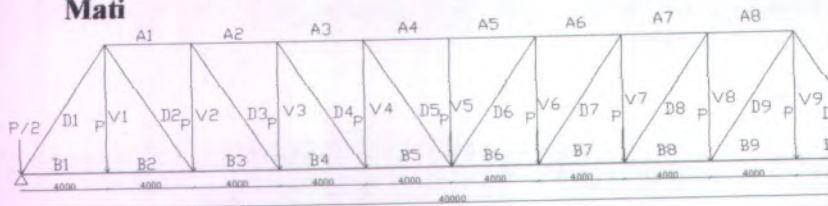
HORIZONTAL BAWAH (B)		HORIZONTAL ATAS (A)		DIAGONAL (D)		VERTIKAL (V)	
no	Gaya (kg)	no	Gaya (kg)	no	Gaya (kg)	no	Gaya (kg)
B1	- 30,92	A1	118,07	D1	- 954,56	V1	68,29
B2	- 32,93	A2	266,06	D2	881,58	V2	- 62,20
B3	- 123,10	A3	472,92	D3	761,10	V3	- 54,73
B4	- 273,53	A4	741,86	D4	661,19	V4	- 45,85
B5	- 481,63	A5	751,31	D5	567,15	V5	0,54
B6	- 1069,60	A6	1082,33	D6	- 463,87	V6	377,14
B7	- 1454,56	A7	1470,74	D7	- 353,20	V7	297,17
B8	- 1899,61	A8	1916,01	D8	- 253,44	V8	211,33
B9	- 2409,55	A9	2957,61	D9	- 151,20	V9	85,10
B10	- 2427,70			D10	55,33		

## 6.2. Pembebanan Setelah Peluncuran

Pembebanan setelah peluncuran adalah beban yang bekerja setelah struktur rangka terpasang dalam kondisi ultimate, dimana gaya yang bekerja adalah beban mati sebelum dan sesudah komposit, berat sendiri rangka, berat alat penyambung, beban kendaraan.



### 6.2.1. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Mati



Gambar 6.2.1.1. Distribusi Beban P pada bentang 40 m

P = Beban pada titik simpul  
 = Beban mati sebelum komposit + beban mati sesudah komposit + Berat rangka dan alat penyambung

$$P = V_a q_m(1) + V_a(q_m 2) + Prangka$$

$$= 205,54 + 396,48 + 27,30$$

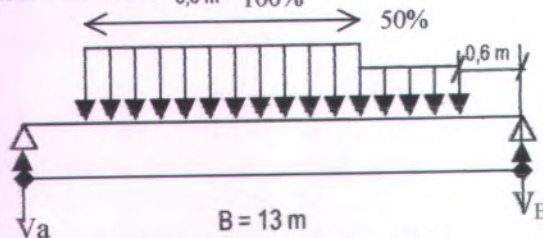
$$= 629,32 \text{ KN}$$

$$P = 629,32 \text{ KN} \quad P/2 = 314,66 \text{ KN}$$

### 6.2.2. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Hidup

Dari perhitungan bab IV didapatkan,

$$q_{UDL} = 64 \text{ kN/m} \quad 5,5 \text{ m} \quad 100\%$$



Gambar 6.2.2.1. Beban UDL

$$\Sigma MB = 0$$

$$V_a \cdot 13 = 5,5 \cdot 64 \cdot (2,75 + 3,15 + 0,6) + 32 \cdot 3,15 \cdot (1,575 + 0,6)$$

$$13 \cdot V_a = (2288 + 219,24)$$

$$13 \cdot V_a = 2507,24 \text{ KN}$$

$$V = 192,86 \text{ kN}$$

Dari perhitungan bab IV didapat,

$$q_{\text{KEL}} = 114,4 \text{ kN/m} \rightarrow V_{\text{KEL}} = 114,4 \cdot 6,5 = 17,6 \text{ kN}$$

$$V = 192,86 \text{ kN}$$

$$V_1 = V(p+q) = 192,86 + 17,60 = 210,46 \text{ kN}$$

*Tabel 6.2.2.1 Gaya batang akibat beban mati dan beban hidup*

BATANG	GAYA AKIBAT BEBAN MATI (KN)	GAYA AKIBAT BEBAN HIDUP (KN)
B1	1869,86	598,14
B2	1909,04	524,26
B3	3357,07	915,10
B4	4391,61	1178,28
B5	5011,20	1305,93
A1	- 3314,72	- 508,84
A2	- 4361,57	- 917,02
A3	- 4996,85	- 1178,28
A4	- 5212,48	- 1278,28
D1	- 3347,61	-1060,45
D2	2522,59	850,05
D3	1782,94	662,79
D4	1078,15	498,68
D5	361,47	357,71
V1	588,67	210,46
V2	- 1423,16	42,09
V3	- 877,97	63,14
V4	- 279,38	84,18
V5	16,52	0

### 6.2.3 Beban Angin

Untuk Struktur rangka terbuka semua beban angin dipikul pada ikatan bawah, dimana beban angin bekerja pada bidang rangka dan beban angin pada bidang kendaraan.

Letak Jembatan  $\leq 5$  km dari pantai

Maka Kecepatan angin rencana :

$V_w = 30$  m/s ...BMS Tabel 2.10 – hal. 2-4

Beban angin lateral bekerja pada seluruh bangunan atas secara merata.

Gaya nominal ultimate : .....BMS 2.4.6 - hal 2-43

$TEW = 0,0006 \cdot C_w \cdot V_w \cdot 2 \cdot A_b$  ..... KN

dimana :  $C_w =$  Koefisien seret...BMS Tabel 2.9 – hal. 2-44  
 $= 1,2$  .....Rangka

$V_w =$  Kecepatan angin

$A_b =$  Luas jembatan rangka yang terkena angin  
 $= 30\%$  .....BMS 2.4.6 – hal. 2-43

Untuk Jembatan rangka

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot 1,2 (30)^2 \cdot 64,8 = 41,99 \text{ kN}$$

Selain beban di atas harus diperhitungkan pula beban garis merata tambahan arah horisontal, bila suatu saat kendaraan sedang berada di atas jembatan.

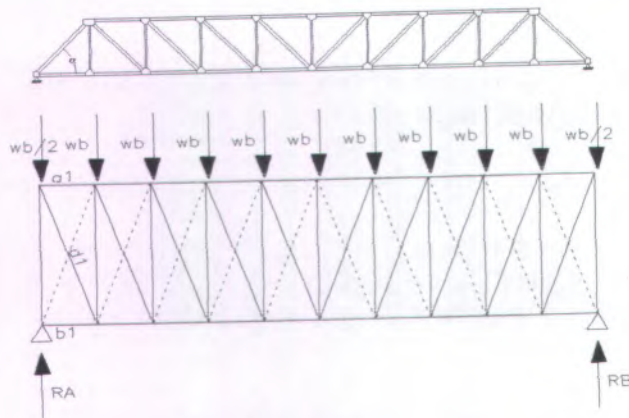
$TEW2 = 0,0012 \cdot C_w \cdot V_w \cdot 2 \text{ KN}$  ...BMS 2.4.6 – hal. 2-43

dimana :  $C_w = 1,2$

$$TEW2 = 0,0012 \cdot 1,2 \cdot 30 \cdot 2$$

$$= 1,296 \text{ KN/m}$$

Ikatan angin direncanakan berupa ikatan angin silang yang tahan terhadap tarik.



Gambar 6.2.3.1. Model ikatan angin bawah

Beban pada titik simpul :

$$\begin{aligned}
 W_b &= \frac{1}{AB} TEW_1 + \lambda TEW_2 \\
 &= \frac{1}{10} \cdot 41,99 + 4 \cdot 1,296 \\
 &= 4,72 \text{KN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan menggunakan SAP 2000 didapatkan gaya batang sebagai berikut :

Tabel 6.2.3.1 Gaya batang pada ikatan angin

No. Batang	Gaya Batang ( kN )
1	7,4
2	14,77
3	8,56
4	8,7
5	5,2
6	7,1
7	2,96
8	4,4
9	0,4
10	2,02

#### 6.2.4 Kombinasi Pembebanan

Pembebanan terdiri dari Beban mati, Hidup, dan angin. Ketiga beban tersebut dikombinasikan sebagai berikut

1. Beban mati + Beban Hidup (Beban Tetap)
2. Beban mati+Beban Hidup+Beban Angin(Beban Sementara)

Tabel 6.2.4.1. kombinasi pembebanan

Batang \ Beban	M	H	A	Komb.I	komb.II
	KN	KN	KN	(m+h)	(m+h+A)
B	5011,2	1305,93	14,77	6317,13	6331,9
A	- 5212,48	- 1278,28	0	- 6490,76	- 6490,76
Dtekan	- 3347,61	- 1060,45	0	- 4408,06	- 4408,06
D tarik	2522,59	850,05	0	3372,64	3372,64
V	-1423,16	42,09	0	-1423,16	-1423,16

Beban yang dipakai adalah beban setelah peluncuran karena lebih besar dari beban pada saat peluncuran.

## 6.2.5 Perencanaan Batang Rangka Utama

### Batang Tekan

#### Batang Horizontal atas A

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

$$A = 350,7 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 41

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{400}{10,4} = 38,46 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200$$

untuk mutu baja

BJ 41 ..... Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{38,46}{3,14} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,43$$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,43} = 1,1$$

$$P_n = A_g \cdot f_y / \omega = 350,7 \cdot 2500 / 1,1 = 797045,45 \text{ kg} = 7970,45 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 P_n$$

$$6490,76 \text{ kN} \leq 6774,89 \text{ kN} \quad \text{..... OK!!!}$$

**Batang Tekan****Batang diagonal D**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 18 x 28

A = 295,4 cm <sup>2</sup>	Baja BJ 41
q = 232 Kg/m	f <sub>y</sub> = 2500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 18,2 cm	f <sub>u</sub> = 4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 10,2 cm	E = 200000 MPa
L <sub>k</sub> = 721,1 cm	

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{721,1}{10,2} = 70,70 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{70,70}{3,14} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,8$$

Untuk :  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  ; maka

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,8} = 1,34$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 295,4 \cdot \frac{2500}{1,34} = 551000 \text{ kg} = 5510 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$4408,06 \text{ kN} \leq 4683,5 \text{ kN} \dots \dots \dots \text{ok!}$$



**Batang Tarik****Batang Horizontal bawah B**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

$$A = 350,7 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 41

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 18,8 \text{ cm}$$

$$f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 400 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{400}{10,4} = 38,46 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200$$

untuk mutu baja BJ 41 .....Berdasarkan LRFD

Kontrol kekuatan batang tarik :

Batas leleh:

$$P_n = \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil}$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \cdot 350,7$$

$$= 789075 \text{ kg} > 6331,9 \text{ kg} \dots \text{OK!!}$$

Batas putus :

$$P_u = \Phi \cdot f_u \cdot A_n$$

$$\Phi = 0,75$$

$$A_n = 0,75 \cdot 350,7$$

$$= 263,025 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 0,75 \cdot 4100 \cdot 263,025$$

$$P_u = 808801,875 \text{ kg}$$

$$= 8088,02 \text{ kN} > 6317,13 \text{ kN} \dots \text{OK!!}$$

**Batang Diagonal D ( tarik )**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 16 x 24

$$A = 254,9 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 41

$$q = 232 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 2500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 17,60 \text{ cm}$$

$$f_u = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 10,10 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 721,1 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{721,1}{10,10} = 71,40 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 41 .....Berdasarkan LRFD

Kontrol kekuatan batang tarik :

Batas leleh:

$$P_n = \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil}$$

$$= 0,9 \cdot 2500 \cdot 254,9 = 573525 \text{ kg}$$

$$= 5735,25 \text{ kN} > 3372,64 \text{ kN} \dots \text{OK!!}$$

Batas putus :

$$P_u = \Phi \cdot f_u \cdot A_n$$

$$\Phi = 0,75$$

$$A_n = 0,75 \cdot 254,9$$

$$= 191,175 \text{ cm}^2$$

$$P_u = 0,75 \cdot 4100 \cdot 191,175$$

$$P_u = 587863 \text{ kg}$$

$$= 5878,63 \text{ kN} > 3372,64 \text{ kN} \dots \text{OK!!}$$

**Batang Vertikal (tekan)**

Direncanakan Profil WF 400 x 300 x 9 x 14

A = 120,1	cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 41
q = 94,3	Kg/m	f <sub>y</sub> =	2500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 16,7	cm	f <sub>u</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 7,21	cm	E =	200000
L <sub>k</sub> = 600	cm		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{600}{7,21} = 83,22 < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 41 .....Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{83,22}{3,14} \sqrt{\frac{250}{200000}} = 0,94$$

Untuk 0,25 < λ<sub>c</sub> < 1,2 maka

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,94} = 1,47$$

$$P_n = A_g \cdot f_y / \omega = 120,1 \cdot 2500 / 1,47 = 204192,8 \text{ kg} = 2041,93 \text{ KN}$$

$$P_u \leq 0,85 P_n$$

$$1423,16 \leq 1735,64 \text{ KN} \quad \text{.....OK!!!}$$

### 6.2.6 Kkontrol Berat Sendiri Jembatan

**a. Prangka rencana**

$$G = (20 + 3.L) b.L \dots (\text{Paket Jembatan Ir. H.J. Struyk})$$

$$= (20 + 3.40) 13 \cdot 40 = 72800 \text{ kg} = 728 \text{ kN}$$

$$\text{- Berat 1 gelagar induk} = 728 / 2 = 364 \text{ kN}$$

$$\text{- Berat 1 titik simpul} = 364 / (n-1) = 364 / (11-1) = 36,4 \text{ kN} = 3640 \text{ kg}$$

**b. P rangka yang sebenarnya**

**Batang Horizontal Atas A untuk 1 bentang digunakan :**

$$\text{Profil WF } 400 \times 400 \times 20 \times 35$$

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$L_{\text{batang}} = 4 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$P1 = q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang}$$

$$= 283 \cdot 4 \cdot 1$$

$$= 1132 \text{ Kg}$$

**Batang Horizontal bawah B untuk 1 bentang digunakan :**

$$\text{Profil WF } 400 \times 400 \times 20 \times 35$$

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$L_{\text{batang}} = 4 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$P2 = q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang}$$

$$= 283 \cdot 4 \cdot 1$$

$$= 1132 \text{ Kg}$$

**Batang Diagonal D untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF 400 x 400 x 18 x 28

$$q = 232 \text{ Kg/m}$$

$$L \text{ batang} = 7,21 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} P3 &= q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang} \\ &= 232 \cdot 7,21 \cdot 1 \\ &= 1672,72 \text{ Kg} \end{aligned}$$

**Batang vertikal V untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF 400 x 300 x 9 x 14

$$q = 94,3 \text{ Kg/m}$$

$$L \text{ batang} = 6 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$\begin{aligned} P4 &= q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang} \\ &= 94,3 \cdot 6 \cdot 1 \\ &= 565,8 \text{ Kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Jadi } P_{\text{total}} &= P1 + P2 + P3 + P4 \\ &= 1132 + 1132 + 1673 + 565,8 \\ &= 4503 \text{ Kg} \end{aligned}$$

### 6.3. Ikatan Angin

#### Batang Tarik

Direncanakan profil L 200 x 200 x 18

Data:

b = 200	mm	x = 5,6	cm
d = 18	mm	I <sub>x</sub> = I <sub>y</sub> = 2600	cm <sup>4</sup>
A = 69,1	cm <sup>2</sup>	i <sub>x</sub> = i <sub>y</sub> = 6,13	cm
g = 54,3	kg/m	i η = 3,9	cm
w = 14,1	cm	L = 13,60	m
Ø baut = 12	dibor	Ø lubang = 12 + 1,6 = 13,6	mm
f <sub>y</sub> = 2500	kg/cm <sup>2</sup>		
f <sub>u</sub> = 4100	kg/cm <sup>2</sup>		

#### Kontrol Kelangsingan :

Digunakan imin = 3,9 cm .....LRFD 7.6.4 - hal 30

$$\lambda \max = \frac{L}{i \min} = \frac{1097,3}{3,9} = 281,359 \text{ m} < 300 \text{ cm} \text{ .....OK!!}$$

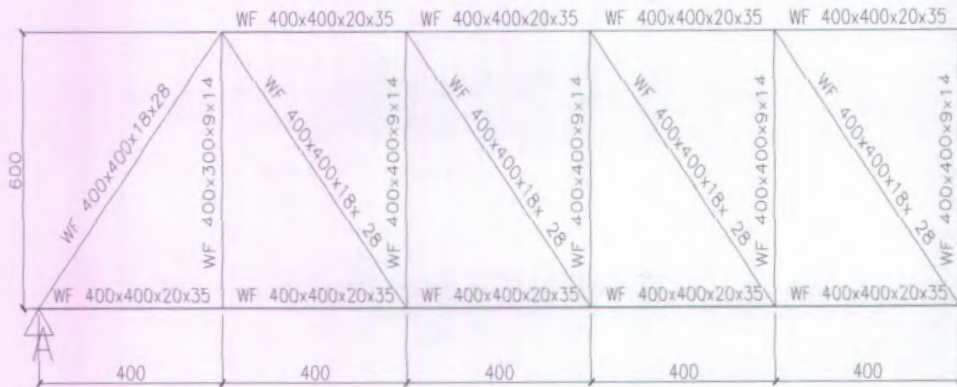
#### Kontrol kekuatan batang tarik :

Batas leleh:

$$\begin{aligned} P_n &= \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil} \\ &= 0,9 \cdot 2500 \cdot 69,1 \\ &= 155475 \text{ kg} > 1477 \text{ kg} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

Batas putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \Phi \cdot f_u \cdot A_e \\ \Phi &= 0,75 \\ A_e &= 0,75 \cdot 69,1 \\ &= 51,825 \text{ cm}^2 \\ P_u &= 0,75 \cdot 4100 \cdot 51,825 \\ &= 159361,875 \text{ kg} > 1477 \text{ kg} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$



*Gambar 6.3.1.1. Macam material yang dipergunakan pada rangka utama*

*Tabel 6.3.1. Macam material yang dipergunakan*

Batang	Profil
Bawah (B)	WF 400 x 400 x 20 x 35
Atas(A)	WF 400 x 400 x 20 x 35
Diagonal(D)	WF 400 x 400 x 18 x 28
Vertical (V)	WF 400 x 300 x 9 x 14
Ikatan Angin	L 200 x 200 x 18

#### 6.4. Kontrol Stabilitas

Stabilitas Jembatan, yaitu tekuk dalam arah tegak lurus bidang rangka batang, dikontrol menggunakan "Formula Enggeser".

$$S \leq \frac{N_c}{F_s}$$

dimana: S = Gaya Batang Horizontal  
 N<sub>c</sub> = Gaya Normal Kritis  
 F<sub>s</sub> = Angka Keamanan = 5

$$N_c = \sqrt[3]{\frac{CEI}{\lambda}}$$

dimana: C = Kekakuan lateral  
 E = Modulus Elastisitas  
 I = Momen Inersia Batang atas  
 L = Jarak antar batang melintang atau jarak 1 rangka lapangan

$$C = \frac{1}{\left\{ \frac{h_1^2 b}{2EI_g} + \frac{h_2^2}{3EI_v} \right\}}$$

Batang - batang yang digunakan :

**Batang horizontal atas** : WF 400 x 400 x 20 x 35

**Gelagar Melintang** : WF 800 x 300 x 16 x 30  
 I<sub>g</sub> = 339000 cm<sup>4</sup>

**Gelagar Vertikal** : WF 400 x 300 x 9 x 14  
 I<sub>v</sub> = 33700 cm<sup>4</sup>

Data :

h<sub>1</sub> = 600 cm

b = 1300 cm

Tinggi Pelat Pengaku = 20 cm



direncanakan

$$\begin{aligned} h_2 &= 600 - 20 \\ &= 580 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya Batang horizontal atas tekan :

$$\begin{aligned} A &= 6490,76 \text{ kN} \\ &= 649076 \text{ kg} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas :

$$E = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C = \frac{1}{\left\{ \frac{580}{3.2000000.33700} + \frac{600.1300}{2 \times 2000000 \times 339000} \right\}}$$

$$C = 1729835,39 \text{ Kg/cm}$$

$$N_c = \sqrt[2]{\frac{CEI}{\lambda}}$$

$$\begin{aligned} N_c &= \sqrt[2]{\frac{1729835,39.2000000.339000}{400}} \\ &= 54148600,96 \text{ Kg} \end{aligned}$$

Persyaratan stabilitas :

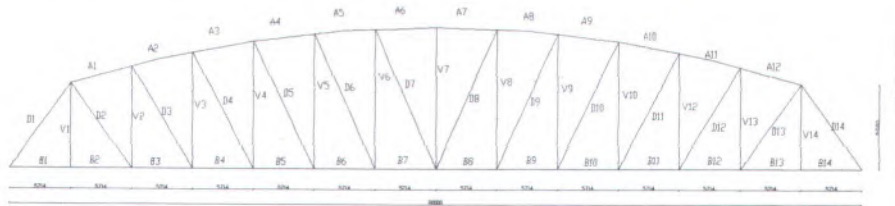
$$S \leq \frac{N_c}{F_s}$$

$$649076 \leq \frac{54148600,96}{5}$$

$$649076 \text{ Kg} < 10829720,19 \text{ Kg} \quad \text{..OK!}$$

## BAB VII PERENCANAAN STRUKTUR RANGKA UNTUK JEMBATAN DENGAN BENTANG 80 M

### 7.1. Pembebanan Sebelum Peluncuran



*Gambar 7.1.1. Sketsa rangka utama bentang 80 m*

- Beban Mati ( Menghitung beban P )

- Perkiraan berat Sendiri Rangka

Berat sendiri 2 gelagar induk ditaksir :

$$G = ( 20 + 3.L ) b.L \dots\dots\dots ( \text{Paket} \\ \text{Jembatan Ir. H.J. Struyk} )$$

$$= ( 20 + 3. 80 ) 13 . 80 = 270400 \text{ kg} = 2704 \text{ kN}$$

- Berat 1 gelagar induk = 2704 / 2 = 1352 kN

- Berat 1 titik simpul = 1352 / (n-1) = 1352 / (15-1)  
= 96,57 kN = 9657 kg

sehingga beban mati adalah sebagai berikut,

- Berat Sendiri Balok Melintang = 286 x 13 x 1/2 x 1,1 = 2044,9kg

- Berat balok memanjang = (172 x 5,714) / 1,625 x 1 x 1/2 x 1,1  
= 4324,36 kg

- Berat rangka = 9657 kg

$$P = 16026,26 \text{ kg}$$

- Beban Hidup

Beban hidup selama peluncuran adalah beban pekerja yang diasumsikan sebesar 100 kg = 1 kN

- **Beban Angin**

Gaya nominal ultimate pada bangunan atas jembatan (Rangka) dihitung dengan perumusan sebagai berikut :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

Dimana :

$C_w$  = koefisien seret ( tabel 2.9 BMS )  
= 1,2 ( untuk rangka batang )

$V_w$  = Kecepatan angin rencana ( m/det ) ( tabel 2.10 )

Untuk lokasi jembatan > 5 km dari pantai besar  $V_w = 30$  m/det

$A_b$  = luas ekuivalen bagian samping jembatan

= luas total bagian yang masih dalam arah  $\perp$  sumbu memanjang jembatan.

Dimana untuk rangka batang, besar  $A_b$  adalah luas total bagian yang masih yang dibatasi oleh batang-batang terluar. (  $A_b$  didapat dari auto cad )

$$A_b = 30\% \cdot 582860000 \\ = 174858000 \text{ mm}^2 = 174,858 \text{ m}^2$$

Maka besar beban angin :

$$T_{EW} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

$$T_{EW} = 0,0006 \cdot 1,2 (30)^2 \cdot 174,858 = 113,31 \text{ kN}$$

→ yang diterima tiap titik simpul =  $113,31/26 = 4,36 \text{ kN}$

Beban angin tersebut berada pada joint yang ada dibawah dan atas, sehingga beban angin ditahan oleh ikatan angin bawah dan atas.

Dari hasil analisa struktur dengan menggunakan SAP 2000 didapatkan gaya-gaya batang sebagai berikut :



Gambar 7.1.2 sketsa rangka utama bentang 80 m saat peluncuran

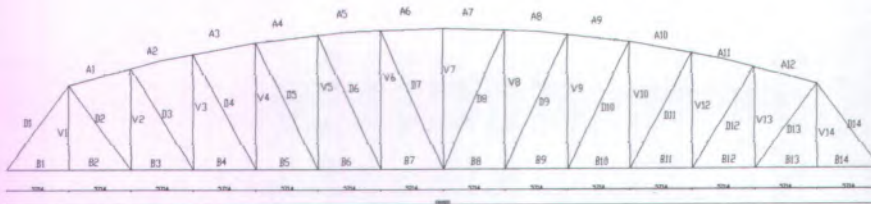
Tabel 7.1.1 Nilai Gaya Batang pada saat peluncuran

HORIZONTAL BAWAH(B)		HORIZONTAL ATAS(A)		DIAGONAL		VERTIKAL	
no	Gaya	no	Gaya	no	Gaya	no	Gaya
B1	-76,34	A1	258,96	D1	110,69	V1	160,06
B2	-76,51	A2	507,90	D2	-225,96	V2	345,43
B3	-253,36	A3	820,36	D3	-398,06	V3	472,42
B4	-500,55	A4	1202,56	D4	-547,59	V4	609,87
B5	-813,28	A5	1669,12	D5	-715,98	V5	764,79
B6	-1197,44	A6	2242,78	D6	-913,30	V6	942,69
B7	-1666,96	A7	1737,35	D7	-1150,06	V7	-88,00
B8	-712,75	A8	1344,05	D8	-1014,03	V8	821,15
B9	-315,94	A9	734,89	D9	-771,70	V9	633,60
B10	-15,09	A10	1046,57	D10	-560,60	V10	461,90
B11	194,84	A11	839,84	D11	-367,44	V11	297,53
B12	303,77	LS	784,68	D12	-175,23	V12	127,49
B13	272,65			D13	45,42	V13	159,59
B14	272,52						

### 7.2. Pembebanan Setelah Peluncuran

Pembebanan setelah peluncuran adalah beban yang bekerja setelah struktur rangka terpasang dalam kondisi ultimate, dimana gaya yang bekerja adalah beban mati sebelum dan sesudah komposit, berat sendiri rangka, berat alat penyambung, beban kendaraan.

### 7.2.1. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Mati



Gambar 7.2.1.1. Distribusi Beban P pada bentang 80 m

P = Beban pada titik simpul

= Beban mati sebelum komposit + beban mati sesudah komposit + Berat rangka dan alat penyambung

- Berat rangka ( P ) = 9657 kg

$$\begin{aligned} P &= V_a q_m(1) + V_a(q_m^2) + Prangka \\ &= 310,609 \text{ kN} + 813,45 + 96,57 \\ &= 1220,629 \text{ kN} \end{aligned}$$

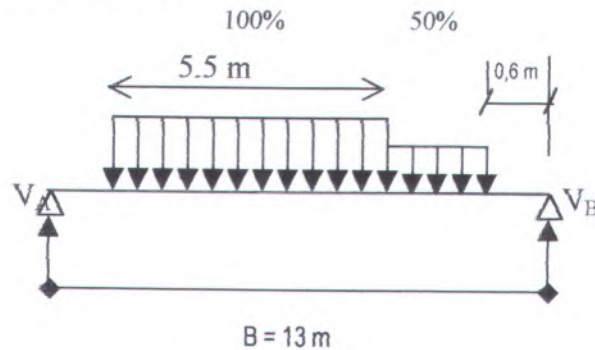
$$P = 1220,629 \text{ KN}$$

$$P/2 = 610,31 \text{ KN}$$

### 7.2.2. Perhitungan Gaya Batang Akibat Beban Hidup

Dengan :

$$q_{UDL} = 91,42 \text{ kN/m}$$



Gambar 6.2.2.1. Beban UDL

$$\Sigma MB = 0$$

$$V \cdot 13 = 5,5 \cdot 91,42 \cdot (2,75 + 3,15 + 0,6) + 45,71 \cdot 3,15 \cdot (1,575 + 0,6)$$

$$13 \cdot V = (3268,265 + 313,17)$$

$$13 \cdot V = 3581,44 \text{ kN}$$

$$V = 275,50 \text{ kN}$$

Dari perhitungan bab IV didapat,

$$q_{KEL} = 114,4 \text{ kN/m}$$

$$V = 275,50 \text{ kN}$$

$$V_1 = V(p+q) = 275,50 + 743,6 = 1019,1 \text{ kN}$$

Tabel 7.2.2.1 gaya batang yang terjadi

BATANG	GAYA AKIBAT BEBAN MATI (KN)	GAYA AKIBAT BEBAN HIDUP (KN)
B1	7751,279	2351,448
B2	7556,357	2089,187
B3	11569,269	3313,404
B4	13972,459	3984,184
B5	15480,494	4355,523
B6	16412,322	4569,291
<b>B7</b>	<b>16923,132</b>	<b>4622,733</b>
A1	- 11833,93	- 1843,749
A2	- 14184,170	- 2971,541
A3	- 15621,300	- 3660,777
A4	- 16488,010	- 4117,789
A5	- 16951,200	- 4408,965
<b>A6</b>	<b>- 17089,590</b>	<b>- 4572,046</b>
<b>D1</b>	<b>- 10949,230</b>	<b>- 3286,683</b>
<b>D2</b>	<b>5814,395</b>	<b>1985,058</b>
D3	3872,814	1509,858
D4	2642,922	1288,922
D5	1738,508	1145,394
D6	995,386	1052,553
D7	326,667	969,903
V1	1215,633	1019,1
<b>V2</b>	<b>- 2987,467</b>	<b>443,309</b>
V3	- 1819,399	509,550
V4	- 951,084	540,123
V5	- 247,941	551,333
V6	365,735	552,352
V7	655,884	0

### 7.2.2. BEBAN ANGIN

Untuk Struktur rangka terbuka semua beban angin dipikul pada ikatan angin bawah, dimana beban angin bekerja pada bidang rangka dan beban angin pada bidang kendaraan.

Letak Jembatan  $\leq 5$  km dari pantai

Maka Kecepatan angin rencana :

$V_w = 30$  m/s .....BMS Tabel 2.10 – hal. 2-44

Beban angin lateral bekerja pada seluruh bangunan atas secara merata.

Gaya nominal ultimate : .....BMS 2.4.6 - hal 2-43

$TEW = 0,0006 \cdot C_w \cdot V_w \cdot 2 \cdot A_b$  ..... KN

dimana :  $C_w =$  Koefisien seret BMS Tabel 2.9 – hal. 2-44

$= 1,2$  .....Rangka

$V_w$  = Kecepatan angin

$A_b$  = Luas jembatan rangka yang terkena angin

$= 30\%$  ....BMS 2.4.6 – hal. 2-43

$$A_b = 30\% \cdot 582860000 \\ = 174858000 \text{ mm}^2 = 174,858 \text{ m}^2$$

Maka besar beban angin :

$$T_{EW1} = 0,0006 C_w (V_w)^2 A_b \text{ (kN)}$$

$$T_{EW1} = 0,0006 \cdot 1,2 (30)^2 \cdot 174,858 = 113,31 \text{ kN}$$

→ yang diterima tiap titik simpul  $= 113,31/26 = 4,36$  kN

Selain beban di atas harus diperhitungkan pula beban garis merata tambahan arah horisontal, bila suatu saat kendaraan sedang berada di atas jembatan.

$TEW2 = 0,0012 \cdot C_w \cdot V_w \cdot 2 \text{ KN/m}$  .....BMS 2.4.6 – hal. 2-43

dimana :  $C_w = 1,2$

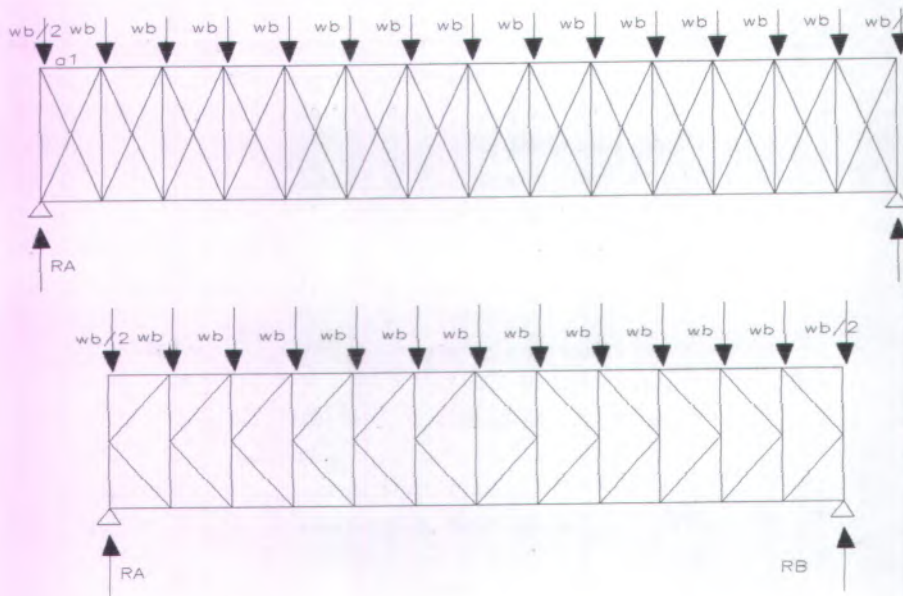
$$TEW2 = 0,0012 \cdot 1,2 \cdot 30 \cdot 2$$

$$= 1,296 \text{ KN/m}$$

Ikatan angin bawah direncanakan berupa ikatan angin silang yang tahan terhadap tarik.

Ikatan angin atas direncanakan berupa ikatan angin bentuk V yang tahan terhadap tarik.





Beban pada titik simpul :

$$\begin{aligned}
 W_b &= \frac{1}{AB} TEW1 + \lambda \quad TEW2 \\
 &= \frac{1}{26} \cdot 113,31 + 5 \cdot 1,296 \\
 &= 2,268 \text{ KN}
 \end{aligned}$$

Dari hasil analisa dengan menggunakan SAP 2000 didapatkan gaya batang sebagai berikut :

*Tabel Gaya Batang Ikatan Angin Bawah*

<b>No. Batang</b>	<b>Gaya Batang ( kN )</b>
1	10,26
2	5,83
3	6,77
4	6,85
5	6,02
6	5,12
7	4,68
8	3,99
9	3,46
10	2,72
11	2,22
12	1,49
13	0,99
14	0,25



*Tabel Gaya Batang Ikatan Angin Atas*

<b>No. Batang</b>	<b>Gaya Batang ( kN )</b>
1	-7,369
2	-1,135
3	-1,133
4	-1,134
5	-1,133
6	-1,134
7	-1,133
8	-1,361
9	-1,359
10	-1,122
11	1,121
12	-0,846
13	0,845
14	-0,565
15	0,564
16	-0,283
127	0,282
18	0
19	0

### 7.2.3. Kombinasi Pembebanan

Pembebanan terdiri dari Beban mati, hidup, dan angin. Ketiga beban tersebut dikombinasikan sebagai berikut :

1. Beban mati + Beban Hidup (Beban Tetap)
2. Beban mati + Beban Hidup + Beban Angin (Beban Sementara)

Beban yang dipakai adalah beban setelah peluncuran, karena lebih besar dibandingkan beban saat peluncuran

*Tabel 7.2.4.1. Kombinasi pembebanan*

BEBAN	M	H	A	Komb.I	komb.II
Batang	kN	kN	kN	(m+h)	(m+h+A)
B7	16923,132	4622,733	-10,26	21545,865	21535,605
A6	- 17089,590	- 4572,046	-7,36	-21661,636	-21668,996
D1 (tekan)	- 10949,230	- 3286,683	0	-14235,913	-14235,913
D2 (tarik)	5814,395	1985,058	0	7799,453	7799,453
V2	- 2987,467	443,309	0	-2987,467	-2987,467

#### 7.2.4. Perencanaan Rangka Utama

##### Batang Tekan

##### Batang Horizontal atas A

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 45 x 70

$$A = 770,1 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 55

$$q = 605 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 24,3$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 11,1 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 571,4 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{571,4}{11,1} = 51,48 < \lambda_{\text{ijin}} = 300$$

untuk mutu baja BJ 55 ..... Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{51,48}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{200000}} = 0,74$$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,74} = 1,3$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 770,1 \cdot 4100 / 1,3 = 2428776,92 \text{ kg} = 24287,77 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 P_n$$

$$21668,996 \text{ kN} \leq 22073,38 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$

**Batang Tekan****Batang diagonal D**

Direnanakan Profil WF 400 x 400 x 30 x 50

$$A = 528,6 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 55

$$q = 415 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 19,7 \text{ cm}$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 10,7 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ Mpa}$$

$$L_k = 828,6 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{828,6}{10,7} = 77,44 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{77,44}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{200000}} = 1,12$$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,12} = 1,68$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 528,6 \cdot 4100 / 1,68 = 1274321 \text{ kg} = 12743,21 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$14235,813 \text{ kN} \leq 16381,050 \text{ kN}$$

**Batang Tarik****Batang Horizontal Bawah B**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 45 x 70

$$A = 770,1 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 55

$$q = 605 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 24,3$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 11,1 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 571,4 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{571,4}{11,1} = 51,48 < \lambda_{\text{ijin}} = 300 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 55 .....Berdasarkan LRFD

**Kontrol kekuatan batang tarik :**Batas leleh:

$$P_n = \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil}$$

$$= 0,9 \cdot 4100 \cdot 770,1 = 2841669 \text{ kg}$$

$$= 28416,69 \text{ kN} > 21545,865 \text{ kN} \quad \text{.....OK!!}$$

Batas putus :

$$P_u = \Phi \cdot f_u \cdot A_n$$

$$(\Phi = 0,75 ; A_n = (0,75 \cdot 770,1 = 577,575 \text{ cm}^2)$$

$$P_u = 0,75 \cdot 5500 \cdot 577,575$$

$$P_u = 2382497 \text{ kg} = 23824,97 \text{ kN}$$

$$= 23824,97 \text{ kN} > 21545,865 \text{ kN} \quad \text{.....OK!!}$$

**Batang Diagonal D tarik**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

A = 350,7 cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 55
q = 283 Kg/m	f <sub>y</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 18,8	f <sub>u</sub> =	5500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 10,4cm	E =	200000 MPa
L <sub>k</sub> = 828,6 cm		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{828,6}{10,4} = 79,67 < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 55 .....Berdasarkan LRFD

**Kontrol kekuatan batang tarik :**Batas leleh:

$$\begin{aligned} P_n &= \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil} \\ &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 350,7 = 1294083 \text{ kg} \\ &= 1294,083 \text{ kN} > 7799,453 \text{ kN} \dots\dots\text{OK!!} \end{aligned}$$

Batas putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \Phi \cdot f_u \cdot A_n \\ (\Phi &= 0,75 ; A_n = (0,75 \cdot 350,7 = 263,025 \text{ cm}^2) \\ P_u &= 0,75 \cdot 5500 \cdot 263,025 \\ P_u &= 1084978,1 \text{ kg} = 10849,78 \text{ kN} \\ &= 10849,78 \text{ kN} > 7799,453 \text{ kN} \dots\dots\text{OK!!} \end{aligned}$$



**Batang Tekan****Batang Vertikal V**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 11 x 18

A = 186,8 cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 55
q = 147 Kg/m	f <sub>y</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 16,3 cm	f <sub>u</sub> =	5500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 10,1 cm	E =	200000 MPa
L <sub>k</sub> = 723,4 cm		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{723,4}{10,1} = 71,62 \text{ cm}' < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ cm}'$$

untuk mutu baja BJ 55 .....Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{71,62}{3,14} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 1,03$$

Untuk 0,25 < λ<sub>c</sub> < 1,2 maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 1,03} = 1,57$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 186,8 \cdot 4100 / 1,57 = 487299,4 \text{ kg} = 4872,99 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 P_n$$

$$2987,467 \leq 4142,04 \text{ kN} \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$

### 7.2.5 Kontrol Berat Sendiri Jembatan

#### a. P rangka rencana

$$G = (20 + 3.L) b.L \dots \dots \text{(Paket Jembatan Ir. H.J. Struyk)}$$

$$= (20 + 3.80) 13 \cdot 80 = 270400 \text{ kg} = 2704 \text{ kN}$$

$$\text{- Berat 1 gelagar induk} = 2704 / 2 = 1352 \text{ kN}$$

$$\text{- Berat 1 titik simpul} = 1352 / (n-1) = 1352 / (15-1) \\ = 96,57 \text{ kN} = 9657 \text{ kg}$$

#### b. Prangka yang sebenarnya

**Batang Horizontal Atas A untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF 400 x 400 x 45 x 70

$$q = 770,1 \text{ kg/m}$$

$$L_{\text{batang}} = 5,714 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$P1 = q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang}$$

$$= 770,1 \cdot 5,714 \cdot 1$$

$$= 4400,35 \text{ Kg}$$

**Batang Horizontal bawah B untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF 400 x 400 x 45 x 70

$$q = 770,1 \text{ kg/m}$$

$$L_{\text{batang}} = 5,714 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$P2 = q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang}$$

$$= 770,1 \cdot 5,714 \cdot 1$$

$$= 4400,35 \text{ Kg}$$

**Batang Horizontal bawah D untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF WF 400 x 400 x 20 x 3

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$L_{\text{batang}} = 8,286 \text{ m}$$

$$\Sigma \text{ batang} = 1 \text{ buah}$$

$$P3 = q \cdot L_{\text{batang}} \cdot \Sigma \text{ batang}$$

$$= 2344,938 \text{ kg}$$

$$= 2344,938 \text{ kg}$$

**Batang Vertikal V untuk 1 bentang digunakan :**

Profil WF 400 x 200 x 11 x 18

$$\begin{aligned}
 q &= 147 \text{ kg/m} \\
 L \text{ batang} &= 7,234 \text{ m} \\
 \Sigma \text{ batang} &= 1 \text{ buah} \\
 P4 &= q \cdot L \text{ batang} \cdot S \text{ batang} \\
 &= 147 \cdot 7,234 \cdot 1 \\
 &= 1063,398 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Jadi Ptotal} &= P1 + P2 + P3 + P4 \\
 &= 4400,35 + 4400,35 + 2344,938 + 1063,398 \\
 &= 12209,036 \text{ kg}
 \end{aligned}$$

**7.2.6 Ikatan Angin****7.2.6.1 Ikatan Angin Bawah****Batang Tekan**

Direncanakan profil L 200 x 200 x 18

$$\begin{array}{ll}
 A = 69,1 \text{ cm}^2 & \text{Baja BJ 55} \\
 q = 54,3 \text{ Kg/m} & f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2 \\
 i_x = 6,13 \text{ cm} & f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2 \\
 i_y = 6,13 \text{ cm} & E = 200000 \text{ MPa} \\
 L_k = 1420 \text{ cm} &
 \end{array}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{1420}{6,13} = 231,65 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 55 ..... Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{231,65}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{200000}} = 3,34$$

Untuk  $1,2 < \lambda_c$  maka

$$\begin{aligned}
 \omega &= 1,25 \cdot \lambda_c^2 \\
 &= 1,25 \cdot (3,34)^2 \\
 &= 13,93
 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \cdot f_y / \omega = 69,1 \cdot 4100 / 13,93 = 20338,1 \text{ kg} = 203,38 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$7,36 \leq 172,87 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$

### 7.2.6.2 Ikatan Angin Atas

#### Batang Tekan

Direncanakan profil L 200 x 200 x 18

A = 69,1 cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 55
q = 54,3 Kg/m	f <sub>y</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 6,13 cm	f <sub>u</sub> =	5500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 6,13 cm	E =	200000 MPa
L <sub>k</sub> = 13 cm		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{1300}{6,13} = 212,07 \text{ cm}' < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ cm}'$$

untuk mutu baja                      BJ 55        .....Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{212,07}{3,14} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 3,056$$

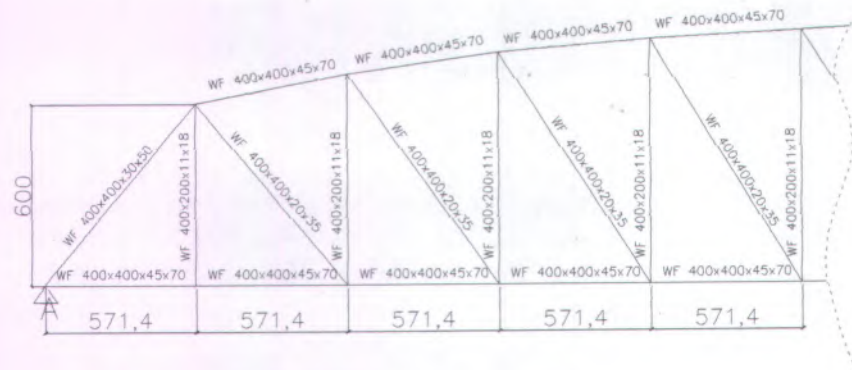
Untuk  $1,2 < \lambda_c$  maka

$$\begin{aligned} \omega &= 1,25 \cdot \lambda_c^2 \\ &= 1,25 \cdot (3,056)^2 \\ &= 11,67 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \cdot f_y / \omega = 69,1 \cdot 4100 / 11,67 = 24276,8 \text{ kg} = 242,77 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$7,36 \leq 182,07 \text{ kN} \quad \dots\dots\dots \text{OK!!!}$$



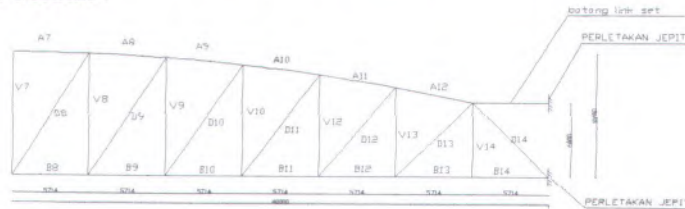
*Gambar 7.3.1.1. Macam meterial yang dipergunakan pada rangka utama*

*Tabel 7.3.1.1. Macam meterial yang dipergunakan*

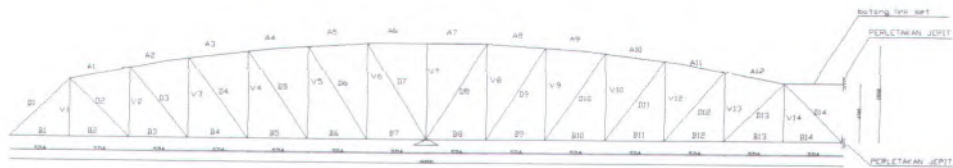
<b>Batang</b>	<b>Profil</b>
Bawah (B)	WF 400 x 400 x 45 x 70
Atas(A)	WF 400 x 400 x 45 x 70
Diagonal(D tekan)	WF 400 x 400 x 30 x 50
Diagonal (D tarik)	WF 400 x 400 x 20x 35
Vertical (V)	WF 400 x 400 x 11 x 18
Ikatan Angin	L 200 x 200 x 18

### 7.3 Perencanaan Link Set Sebagai Jepit pada Pelaksanaan Pekerjaan

Pelaksanaan pemasangan konstruksi jembatan dilakukan dari satu arah. Setengah bentang pertama diasumsikan sebagai kantilever. Setengah bentang selanjutnya diasumsikan sebagai jepit sendi. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :

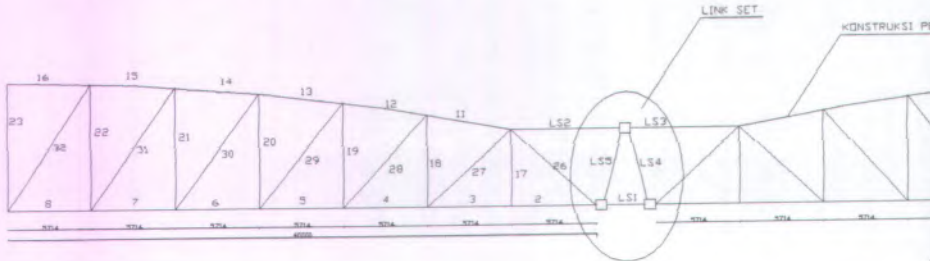


Gambar 7.3.1 Asumsi setengah bentang pertama



Gambar 7.3.2 Asumsi setengah bentang kedua

Untuk membuat jepit pada rangka digunakan link set dan konstruksi pemberat. Konstruksi pemberat ini direncanakan terbuat dari rangka baja. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



### Perhitungan Profil Link Set :

Beban Mati :

Batang Atas = 20872,5 kg

Batang Bawah = 24200 kg

Batang Diagonal (tekan) = 3444,5 kg

Batang Diagonal (tarik) = 17178,1 kg

Batang Vertikal = 8790,6 kg

q Isisi rangka = 744 85,7 kg

q 2 rangka = 2 . 74485,7 = 148971,4 kg

Balok Melintang = 29744 kg

Balok Memanjang = 61916,9 kg

Ikatan Angin Bawah = 10794,84 kg

Ikatan Angin Atas = 10580,55 kg

Berat Total = 262007,69 kg

Berat Sambungan 10% = 26200,769 kg

q total = 288208,459 kg

P =  $q_{total}/(n-1)$

= 288208,459/(8-1)

= 41172,637 kg = 411,73 kN

Dengan menggunakan bantuan program SAP 2000 didapat gaya gaya batang pada link set sebagai berikut :

No. Batang	Gaya Batang ( kN )
LS1	-10085,527
LS2	10565,204
LS3	9604,375
LS4	-2896,040
LS5	2893,061

### Batang LS1 (tekan)

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 30 x 50

$A = 528,6 \text{ cm}^2$	Baja BJ 55
$q = 415 \text{ Kg/m}$	$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$
$i_x = 19,7 \text{ cm}$	$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$
$i_y = 10,7 \text{ cm}$	$E = 200000 \text{ MPa}$
$L_k = 200 \text{ cm}$	

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{200}{10,7} = 18,69 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{18,69}{3,14} \sqrt{\frac{4100}{200000}} = 0,27$$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,27} = 1,01$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 528,6 \cdot 4100 / 1,01$$

$$= 2145801,98 \text{ kg} = 21458,02 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$10085,527 \text{ kN} \leq 18239,32 \text{ kN} \dots \dots \text{OK!!!}$$



**Batang LS2 (tarik)**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 30 x 50

A = 528,6 cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 55
q = 415 Kg/m	f <sub>y</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> = 19,7 cm	f <sub>u</sub> =	5500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> = 10,7 cm	E =	200000 MPa
L <sub>k</sub> = 671,4 cm		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{671,4}{10,7} = 62,75 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

**Kontrol kekuatan batang tarik :**Batas leleh:

$$\begin{aligned} P_n &= \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil} \\ &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 = 1950534 \text{ kg} \\ &= 19505,34 \text{ kN} > 10085,527 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

Batas putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \Phi \cdot f_u \cdot A_n \\ (\Phi &= 0,75 ; A_n = (0,75 \cdot 528,6 = 396,45 \text{ cm}^2) \\ P_u &= 0,75 \cdot 5500 \cdot 396,45 \\ P_u &= 1635356,25 \text{ kg} \\ &= 16353,56 \text{ kN} > 10085,527 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

**Batang LS3 (tarik)**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 30 x 50

$A = 528,6 \text{ cm}^2$	Baja	BJ 55
$q = 415 \text{ Kg/m}$	$f_y =$	4100 $\text{Kg/cm}^2$
$i_x = 19,7 \text{ cm}$	$f_u =$	5500 $\text{Kg/cm}^2$
$i_y = 10,7 \text{ cm}$	$E =$	200000 MPa
$L_k = 671,4 \text{ cm}$		

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{671,4}{10,7} = 62,75 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

**Kontrol kekuatan batang tarik :**Batas leleh:

$$\begin{aligned} P_n &= \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil} \\ &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 528,6 = 1950534 \text{ kg} \\ &= 19505,34 \text{ kN} > 9604,375 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

Batas putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \Phi \cdot f_u \cdot A_n \\ (\Phi &= 0,75 ; A_n = (0,75 \cdot 528,6 = 396,45 \text{ cm}^2) \\ P_u &= 0,75 \cdot 5500 \cdot 396,45 \\ P_u &= 1635356,25 \text{ kg} \\ &= 16353,56 \text{ kN} > 9604,375 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

**Batang LS4 (tekan)**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

$$A = 350,7 \text{ cm}^2$$

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$i_x = 18,8$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

$$L_k = 608,3 \text{ cm}$$

Baja BJ 55

$$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{608,3}{10,4} = 58,49 \text{ cm} < \lambda \text{ ijin} = 200 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 55 ..... Berdasarkan LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{f_y}{E}} = \frac{58,49}{3,14} \sqrt{\frac{410}{200000}} = 0,84$$

Untuk  $0,25 < \lambda_c < 1,2$  maka :

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67\lambda_c}$$

$$\omega = \frac{1,43}{1,6 - 0,67 \cdot 0,84} = 1,37$$

$$P_n = A_g \cdot \frac{f_y}{\omega} = 350,7 \cdot 4100 / 1,37 = 1049540 \text{ kg} = 10495,40 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 P_n$$

$$2896,040 \leq 8921,09 \text{ kN} \quad \text{.....OK!!!}$$

**Batang LS5 (tarik)**

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 20 x 35

$$A = 350,7 \text{ cm}^2$$

Baja BJ 55

$$q = 283 \text{ Kg/m}$$

$$f_y = 4100 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_x = 18,8$$

$$f_u = 5500 \text{ Kg/cm}^2$$

$$i_y = 10,4 \text{ cm}$$

$$E = 200000 \text{ MPa}$$

$$L_k = 608,3 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{L_k}{i_y} = \frac{608,3}{10,4} = 58,49 \text{ cm} < \lambda_{\text{ijin}} = 200 \text{ cm}$$

untuk mutu baja BJ 55 .....Berdasarkan LRFD

**Kontrol kekuatan batang tarik :**Batas leleh:

$$\begin{aligned} P_n &= \Phi \cdot f_y \cdot A_g \text{ profil} \\ &= 0,9 \cdot 4100 \cdot 350,7 = 1294083 \text{ kg} \\ &= 1294,083 \text{ kN} > 2893,061 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

Batas putus :

$$\begin{aligned} P_u &= \Phi \cdot f_u \cdot A_n \\ (\Phi &= 0,75 ; A_n = (0,75 \cdot 350,7 = 263,025 \text{ cm}^2) \\ P_u &= 0,75 \cdot 5500 \cdot 263,025 \\ P_u &= 1084978,1 \text{ kg} = 10849,78 \text{ kN} \\ &= 10849,78 \text{ kN} > 2893,061 \text{ kN} \text{ .....OK!!} \end{aligned}$$

### KONSTRUKSI PEMBERAT

Dari perhitungan pembebanan didapatkan beban pada tiap titik simpul konstruksi kantilever rata – rata 411,73 kN. Diharapkan pada konstruksi harus mencapai lebih dari 2 kali beban pada titik simpul kantilever tersebut.

Direncanakan konstruksi pemberat dengan menggunakan konstruksi bentang setengah dari bentang 80 m yang belum terpasang dan ditambahkan konstruksi bentang 40 m yang juga belum terpasang.

### SAMBUNGAN LINK SET

Direncanakan

- $M\phi 32 \rightarrow Ab = 8,04 \text{ cm}^2$
- Tebal plat 4 cm
- $F_u 5500$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 5500 \\ &= 63360 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } \phi V_d &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot Ab \cdot m \rightarrow 1 \text{ plat} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 8,04 \cdot 1 \\ &= 16582,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

No. Batang	Gaya Batang ( kg )	$P_u/\phi V_d$	Jumlah baut	Terpasang
LS1	1008552,7	55,135	56	28
LS2	1056520,4	54,122	56	28
LS3	960437,5	52,231	56	28
LS4	289604	17,464	20	20
LS5	289306,1	17,446	20	20

#### 7.4 KONTROL STABILITAS (End Frame)

Stabilitas Jembatan, yaitu tekuk dalam arah tegak lurus bidang rangka batang, dikontrol menggunakan "Formula Enggeser".

$$S \leq \frac{Nc}{Fs}$$

dimana: S = Gaya Batang Horizontal  
 Nc = Gaya Normal Kritis  
 Fs = Angka Keamanan = 5

$$Nc = \sqrt[2]{\frac{CEI}{\lambda}}$$

dimana: C = Kekakuan lateral  
 E = Modulus Elastisitas  
 I = Momen Inersia Batang atas  
 L = Jarak antar batang melintang atau jarak 1 rangka lapangan

$$C = \frac{1}{\left\{ \frac{h1^2 b}{2EIg} + \frac{h2^2}{3ELv} \right\}}$$

Batang - batang yang digunakan :

**Batang horizontal atas** : WF 400 x 400 x 45 x 70

$$I = 298000 \text{ cm}^4$$

**Gelagar Melintang** : WF 900 x 300 x 18 x 34

$$Ig = 498000 \text{ cm}^4$$

**Batang Vertikal** : WF 400 x 400 x 11 x 18

$$Iv = 56100 \text{ cm}^4$$

Data :

$$h1 = 600 \text{ cm}$$

$$b = 1300 \text{ cm}$$

Tinggi Pelat Pengaku = 20 cm  
direnanakan

$$\begin{aligned} h_2 &= 600 - 20 \\ &= 580 \text{ cm} \end{aligned}$$

Gaya Batang horizontal atas tekan (termasuk Wangin):

$$\begin{aligned} A &= 13687,94 \text{ kN} \\ &= 1368794 \text{ kg} \end{aligned}$$

Modulus elastisitas :

$$E = 2000000 \text{ Kg/cm}^2$$

$$C = \frac{1}{\left\{ \frac{580}{3.2000000.498000} + \frac{600.1300}{2 \times 2000000 \times 56100} \right\}}$$

$$C = 287676,24 \text{ Kg/cm}$$

$$N_c = \sqrt[2]{\frac{CEI}{\lambda}}$$

$$N_c = \sqrt[2]{\frac{287676,24 \cdot 2000000 \cdot 298000}{400}}$$

$$= 20703564,95 \text{ Kg}$$

Persyaratan stabilitas :

$$S \leq \frac{N_c}{F_s}$$

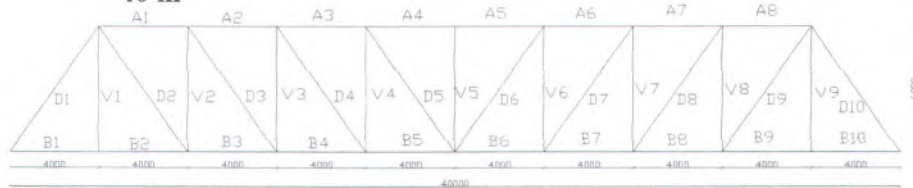
$$1368794 \leq \frac{20703564,95}{5}$$

$$1368794 \text{ Kg} < 4140712,99 \text{ Kg}$$

..OK!

## BAB VIII SAMBUNGAN DAN PERLETAKAN

### 8.1. Perencanaan Sambungan Rangka Jembatan Bentang 40 m



*Gambar 8.1.1. Rangka Utama Bentang 40 m*

#### 8.1.1 Sambungan Struktur Rangka Utama

Direncanakan

- M $\phi$ 24  $\rightarrow$   $A_b = 4,5 \text{ cm}^2$
- Tebal plat 4 cm
- $F_u$  4100

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 2,4 \cdot 4 \cdot 5500 \\ &= 95040 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } \phi V_d &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \cdot m \rightarrow 2 \text{ plat} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 4,5 \cdot 2 \\ &= 18562,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } \phi V_d &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \cdot m \rightarrow 1 \text{ plat} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 4,5 \cdot 1 \\ &= 9281,25 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Untuk batang atas dan bawah menggunakan 2 plat sedangkan untuk batang vertikal dan diagonal menggunakan 1 plat.



Tabel 8.1.1: Jumlah Baut

Nama Batang	Pu	Pu/φRn	Jumlah Baut	Terpasang
V1	152513	16	8	12
V2	142316	15.33	7,5	12
V3	87797	9.45	5	12
V4	37458	4.03	2	12
V5	1652	0.17	0,085	12
B1	289460	15.5938	7,5	12
B2	281808	15.1816	7,5	12
B3	494727	26.652	13,33	16
B4	644109	34.6995	17	20
B5	728271	39.2335	19,5	20
A4	743468	40.0521	20	20
A3	704633	37.96	18,5	20
A2	595335	32.0719	16	16
A1	420834	22.6712	11,34	12
D1	334761	36.0685	18	20
D2	406960	43.8475	21,5	24
D3	305557	32.922	16,45	20
D4	209955	22.6214	11,31	12
D5	115478	12.4421	6,22	12

### 8.1.2 Sambungan Ikatan Angin

Data : > gaya horizontal :  $P_u = 1026 \text{ kg}$   
 > profil Siku L 200 x 200 x 18

Direncanakan

- $M\phi 16$
- Tebal plat 4 cm
- $F_u 4100$

$$\phi R_n = 23616 \text{ kg}$$

$$\phi V_d = 3090,375 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\text{Jumlah baut} = 1026 / 3090,375 \\ = 2 \text{ buah}$$

❖ *Detail Sambungan Dapat dilihat pada Gambar lampiran*

### 8.1.3 Kontrol Kekuatan Plat (maksimum dari kedua bentang)

$$\left\{ \left( \frac{N_u}{\phi_t N_n} \right) + \left( \frac{M_u}{\phi_b M_n} \right) \right\}^2 + \left\{ \frac{V_u}{\phi_v V_n} \right\}^2 \leq 1$$

$$N_u = 2166163,6 \text{ kg}$$

$$M_u = 522 \text{ kgm}$$

$$V_u = 98 \text{ kg}$$

$$\phi_t N_n = 0,9 \cdot 4100 \cdot (4 \cdot 146 + 35,5 \cdot 4) = 2678940 \text{ kg}$$

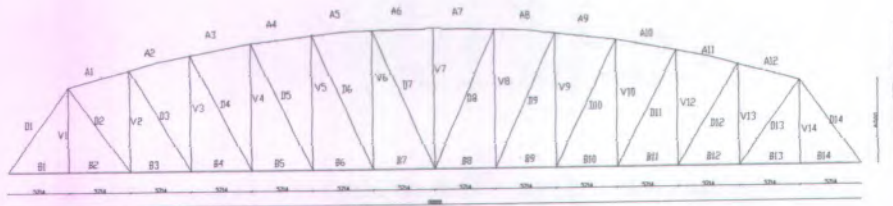
$$\phi_b M_n = (0,9 \cdot 0,25 \cdot 4 \cdot 146^2 - 0,25 \cdot \pi \cdot 3,2^2 \cdot 9,6) \cdot 4100 \\ = 783711 \text{ kgcm} = 7837,11 \text{ kgm}$$

$$\phi_v V_n = 0,75 \cdot (0,6 \cdot (0,04 \cdot 0,9 - 0,25 \cdot \pi \cdot 0,032^2) \cdot 55000000) \\ = 853275$$

$$\left\{ (0,8) + (0,0066) \right\}^2 + \left\{ 0,0001 \right\}^2 \leq 1$$

$$0,65 < 1 \dots \dots \dots \text{ok!}$$

## 8.2. Perencanaan Sambungan Rangka Jembatan Bentang 80 m



Gambar 8.2.1. Rangka Utama Bentang 80 m

### 8.2.1 Sambungan Struktur Rangka Utama

Direncanakan

- M $\phi$ 32  $\rightarrow$  Ab = 8,04 cm<sup>2</sup>
- Tebal plat 4 cm
- Fu 5500

$$\begin{aligned} \text{Kuat Tumpu } \phi R_n &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot d \cdot t_p \cdot f_u \\ &= 0,75 \cdot 2,4 \cdot 3,2 \cdot 2 \cdot 5500 \\ &= 63360 \text{ kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } \phi V_d &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \cdot m \rightarrow 1 \text{ plat} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 8,04 \cdot 1 \\ &= 16582,5 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Kuat Geser } \phi V_d &= 0,75 \cdot r_1 \cdot f_u \cdot A_b \cdot m \rightarrow 2 \text{ plat} \\ &= 0,75 \cdot 0,5 \cdot 5500 \cdot 7,1 \cdot 2 \\ &= 33165 \text{ kg (menentukan)} \end{aligned}$$

- Untuk batang atas dan bawah menggunakan 2 plat sedangkan untuk batang vertikal dan diagonal menggunakan 1 plat.

Tabel 8.2.1.1 Jumlah Baut

Nama Batang	Pu	$Pu/\phi Vd$	Jumlah Baut	Terpasang
V1	223473,3	13.4764	6,5	12
V2	298746,7	18.0157	9	12
V3	181939,9	10.9717	5	12
V4	95108,4	5.73544	2,5	12
V5	55133,3	3.32477	1,5	12
V6	91808,7	5.53644	2,5	12
V7	65588,4	3.95525	1,5	12
B1	1010270	30.4619	15	16
B2	964554,4	29.0835	15	16
B3	1488267,3	44.8746	22	24
B4	1795664,3	54.1433	27	28
B5	1983601,7	54.8101	27	28
B6	2098161,3	55.2643	27,5	28
B7	2154586,6	55.5657	27,5	28
A6	2166163,6	55.8147	27,5	28
A5	2136016,5	55.4057	27,5	28
A4	2060579,9	54.9311	27	28
A3	1928207,7	54.1398	27	28
A2	1715571,1	51.7284	25,5	28
A1	1367767,9	41.2413	20,5	24
D1	1423591,3	55.849	27,5	28
D2	779945,3	47.0342	23,5	24
D3	538267,2	32.4599	16	16
D4	393184,4	23.7108	11,5	12
D5	288390,2	17.3912	8,5	12
D6	204793,3	12.3499	6	12
D7	129657	7.81891	3,5	12

### 8.2.2 Sambungan Ikatan Angin

#### a. Ikatan angin atas

Data : > gaya Pu : 736 kg  
> profil L 200 x 200 x 18

Direncanakan

- M $\phi$ 20
- Tebal plat 2 cm
- Fu 5500

$$\phi R_n = 39600 \text{ kg}$$

$$\phi V_d = 6476,25 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= 736/6476,25 \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

#### b. Ikatan angin bawah

Data : > gaya: 1026 kg  
> profil L 200 x 200 x 18

Direncanakan

- M $\phi$ 20
- Tebal plat 2 cm
- Fu 5500

$$\phi R_n = 39600 \text{ kg}$$

$$\phi V_d = 6476,25 \text{ kg (menentukan)}$$

$$\begin{aligned} \text{Jumlah baut} &= 1026/6476,25 \\ &= 2 \text{ buah} \end{aligned}$$

❖ *Detail Sambungan dapat dilihat pada lampiran gambar*

### 8.3 Perencanaan Perletakan

Perencanaan Perletakan (bearings) jembatan akhir-akhir ini sering memakai elastomer (elastomeric), yaitu bahan yang terbuat dari kombinasi antara karet yang di dalamnya terdapat pelat baja. Perletakan elastomer ini digunakan pada metode rencana keadaan batas kelayanan, sedang metode rencana keadaan batas ultimate tidak diperkenankan. Bridge Design Code pasal 8.3 mengatur persyaratan mengenai perletakan elastomer. Sifat dari perletakan elastomer yaitu mampu memikul translasi dan rotasi melalui deformasi elastis. Bearings harus dipasang minimum 25 mm dari tepi sisi permukaan tumpuan, untuk mengizinkan pelebaran (spreading) elastomer di bawah beton. Bila perletakan mengalami displacement geser/rotasi secara bersamaan dalam 2 arah maka perletakan bulat (circular) umumnya akan lebih sesuai dibanding perletakan persegi (rectangular). Untuk jembatan komposit dan jembatan rangka baja ini memakai perletakan elastomer persegi.

#### 8.3.1 Perletakan Jembatan Rangka Baja.

Rencana Keadaan batas kelayanan beban hidup load faktor  $K = 2$ , beban angin  $K = 1,2$  " sedang untuk beban mati dan beban gempa"  $K = 1$

(Berdasarkan Bridge Design Code section 2).

##### 8.3.1.1 Pembebanan

###### a. Beban Mati

- Beban sebelum komposit
  - =  $V_{aqm(1)} \cdot 0,5 \cdot \Sigma \lambda$
  - =  $47,786 \cdot 0,5 \cdot 14$
  - =  $334,502 \text{ kN}$
  - =  $33450,2 \text{ Kg}$
- Beban sesudah komposit
  - =  $V_{a(qm2)} \cdot 0,5 \cdot \Sigma \lambda$
  - =  $77,6 \cdot 0,5 \cdot 14$

$$\begin{aligned}
 &= 543,2 \quad \text{kN} \\
 &= 54320 \quad \text{kg} \\
 - \text{ Beban ikatan angin} \\
 &= 10794,84 + 10580,55 \\
 &= 21375,39 \text{ kg} \\
 - \text{ Beban rangka} \\
 &= 148971,4 \text{ kg} \\
 \text{Beban total} &= 258117 \text{ Kg} \\
 \text{Sambungan \& pelat simpul} \\
 &= 10\% \cdot 258117 \\
 &= 25811,7 \text{ Kg} \\
 \text{Jadi Beban mati total:} \\
 P_{\text{mati}} &= 283928,7 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

### **b. Beban Hidup**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Hidup (UDL+KEL)} &= VA(p+q) \\
 \text{"....dari perhitungan perbandingan UDL+KEL dengan beban" T"} \\
 &= 890,17. \text{ kN} \\
 P_{\text{hidup}} &= 89017 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

### **c. Beban Angin**

$$\begin{aligned}
 \text{Beban Angin} &= RA. \text{ dari perhitungan perletakan rangka} \\
 \text{utama - ikatan angin} &= 2,268 \cdot (6+7) \text{ kN} = 29,484 \text{ kN}
 \end{aligned}$$

### **d. Beban Gempa**

$$\begin{aligned}
 &\text{Koefisien geser dasar 'C'} \\
 &\text{Dimensi Pilar taksiran : } 1 \times 8 \text{ m dengan tinggi } L = 8 \text{ m} \\
 WTP &= W_{\text{total}} + 0,5 W_{\text{pilar}} \\
 &= 2 \cdot P_{\text{mati}} + 0,5 \cdot W_{\text{pilar}} \\
 &= 2 \times 283928,7 + 0,5 \times 2400 \times 1,00 \times 8 \times 8 \\
 &= 644657,4 \text{ Kg} \\
 &= 6446,574 \text{ kN} \\
 E &= 4700 \sqrt{80} = 42038,07 \text{ Kg/cm}^2 \\
 f_c &= 25 \text{ MPa}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 2500000 \text{ Kg/m}^2 \\
 \text{I1} &= 60\% \cdot 1/12 \text{ bh}^3 \\
 &= 60\% \cdot 0,083 \cdot 8 \cdot 1^3 \\
 &= 0,4 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{I2} &= 60\% \cdot 1/12 \text{ h} \cdot \text{b}^3 \\
 &= 60\% \cdot 0,083 \cdot 1 \cdot 8^3 \\
 &= 25,6 \text{ m}^4
 \end{aligned}$$

➤ Arah Memanjang (Berdasarkan BMS 2.4.7.1(2.10) halaman 2-46

$$\begin{aligned}
 Kp &= \frac{3EI1}{L^3} = \frac{3 \times 2500000 \times 0,4}{8^3} = 5859,375 \text{ Kg/m} \\
 &= 58,59 \text{ KN/m}
 \end{aligned}$$

$$Tmj = 2\pi \sqrt{\frac{WTP}{gKp}}$$

$$Tmj = 2\pi \sqrt{\frac{6446,574}{9,81 \times 58,59}} = 1,282$$

dimana :

T = waktu getar arah memanjang (dalam detik)

g = percepatan graviatsi....m/dt<sup>2</sup>

WTP = berat total nominal bangunan atas termasuk beban mati ditambah ½ berat pilar .....KN

Kp = kekakuan gabungan sebagai gaya horisontal yang diperlukan untuk menimbulkan satu-satuan lendutan pada bagian atas.....KN/m

Untuk arah memanjang :

Tmj = 1,282. Zone gempa = 4 (tanah lunak) Dari gambar 2.14 - halaman 2-47, didapatkan :

C = 0,15



- Arah Melintang (Berdasarkan BMS 2.4.7.1 (2.10) - on page 2-46

$$Kp = \frac{3EI2}{L^3} = \frac{3 \times 2500000 \times 25,6}{8^3}$$

$$= 375000 \quad \text{Kg/m}$$

$$= 3750 \quad \text{KN/m}$$

$$Tml = 2\pi \sqrt{\frac{WTP}{gKp}}$$

$$Tm = 2\pi \sqrt{\frac{6446,574}{9,81 \times 3750}} = 0,16$$

Untuk arah melintang :

$Tml = 0,160$  (Zone gempa 4 tanah lunak)

Dari gambar 2.14 - halaman 2-47, didapatkan :

$C = 0,15$

Faktor type bangunan 'S' (Berdasarkan BMS pasal 2.4.7.3 tabel 2.14 - on page 2-51)

Digunakan Type A.4 yaitu : jembatan dengan daerah sendi beton/baja :  $S = 1,0.F$

$F = 1,25$  sampai  $0,025 n$

dengan

$n$  = jumlah sendi plastis yang menahan deformasi arah lateral pada masing-masing bagian yang monolit dari jembatan (misal: bagian yang dipisahkan untuk expansion joint yang memberikan keleluasaan bergerak)

$$S = 0,2500.4$$

$$= 1,000$$

Faktor kepentingan 'T' (Berdasarkan BMS pasal 2.4.7.3 tabel 2.13 - on page 2-50)

Digunakan  $I = 1,2$  yaitu : jembatan memuat lebih dari 2000 kendaraan/hari, jembatan pada jalan raya utama atau arteri, dan jembatan dimana tidak ada rute alternatif. Perhitungan

Gaya Geser Total (Berdasarkan BMS pasal 2.4.7.1 halaman 2-45)

$$TEQ = Kh.I.Wt$$

dimana :  $Kh = C.S$

$$TEQ = C.S.I.2.Pmati$$

dengan :  $C$  = Koefisien dasar geser gempa

$S$  = faktor type bangunan

$I$  = faktor kepentingan

$Wt$  = berat total nominal bangunan

$TEQ$  = gaya geser dasar untuk arah yang ditinjau

Gaya Geser Total arah memanjang dibagikan pada 4 elastomer

$$TEQ = C.S.I.Wt$$

$$= 0,15.1,000.1,2. 283928,7,$$

$$= 51107,166 \text{ kg}$$

$$= 51,107 \text{ ton}$$

$$F(x) Q = 0,5.TEQ$$

$$= 0,5.51,107$$

$$= 25,55 \text{ ton}$$

Gaya Geser Total arah melintang

$$TEQ = C.S.I.Wt$$

$$= 0,15.1,000.1,2. 283928,7$$

$$= 51107,166 \text{ kg}$$

$$= 51,107 \text{ ton}$$

$$F(y) Q = TEQ$$

$$= 51,107 \text{ ton}$$

Kombinasi Beban Vertikal dan Horisontal

1. Kombinasi beban Vertikal, yaitu :

$$V_{max} = \frac{1}{2} . ( 1,2.Pmati + 1,6.Phidup )$$

$$= \frac{1}{2} . (1,2 \times 283928,7 + 1,6 \times 89017)$$

$$= 241570,82 \text{ kg} = 2415,71 \text{ kN}$$

2. Kombinasi beban horizontal terbesar arah memanjang yaitu:

$$H_a = P_{gempa} \text{ longitudinal}$$

$$= F(x) Q$$

$$= 25,55 \text{ ton} = 255,5 \text{ kN}$$

3. Kombinasi beban horizontal terbesar arah melintang yaitu:

$$H_b = P_{gempa} \text{ transversal}$$

$= F(y) Q$  banding gaya rem pada 1 elastomer (250 kN)  
 $= 51,107 \text{ ton} = 511,07 \text{ kN} > 250 \text{ kN}$   
 Jadi dipakai  $H_b = 511,07 \text{ kN}$

### 8.3.2 Perencanaan Bahan Elastomer

Durometer hardness IRHD 70 Shear modulus,  $G = 1,2 \text{ Mpa}$

Bulk Modulus,  $B = 2000 \text{ Mpa}$

Panjang Perletakan,  $a = 550 \text{ mm}$

Lebar Perletakan,  $b = 600 \text{ mm}$

Tebal selimut,  $t_c = 12 \text{ mm}$

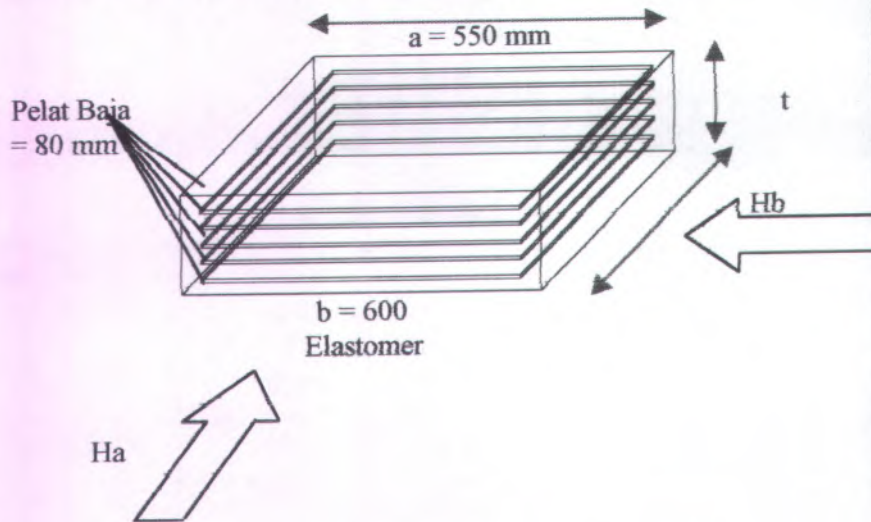
Tebal Lapis Dalam,  $t_1 = 12 \text{ mm}$

Tebal Pelat Baja  $t_s = 5 \text{ mm}$  ;  $n = 41$  lapis

Tebal total elastomer,  $t = 80 \text{ mm}$

Side Cover thickness  $t_{sc} = 10 \text{ mm}$  (berdasarkan BMS tabel K.8)

Luas denah total karet  $A_r = 307400 \text{ mm}^2 \{(a - 2t_{sc}) * (b - 2t_{sc})\}$



Gambar 8.3.2.1. Dimensi Elastomeric Bearing

### 8.3.2.1 Kontrol Elastomer

a. Faktor Bentuk (Berdasarkan BMS pasal 8.3.5)

$$S = \frac{Ar}{P \times t_e}$$

dimana: Ar = Luas permukaan terikat  
 P = Keliling Permukaan terikat  
 te = tebal efektif lapisan elastomer  
 = t1 = 12 mm..untuk tebal lapis dalam  
 = 1,4 tc.....untuk lapis selimut  
 = 1,4 12 = 16,8 mm

Perletakan Laminasi,  $4 < S < 12$

$$S = \frac{307400}{2(530 + 580) \times 12}$$

$$= 11,54 \dots \text{Ok!}$$

b. Persyaratan Perencanaan (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6)

Regangan Geser tekan esc

$$\delta a = \frac{H a t}{A r G}$$

$$\delta b = \frac{H b t}{A r G}$$

dimana :

da = db = simpangan geser max. tangensial pada permukaan tumpuan dalam arah dimensi a dan b akibat gerakan struktur dan gaya tangensial.

Ar = Seluruh luas daerah untuk lapis tak terikat

G = Modulus geser

t = tebal total elastomer

Ha = Pgempa longitudinal

Hb = Pgempa transversal

$$\delta a = \frac{25550 \times 80}{307400 \times 1,2} = 5,54$$

$$\delta b = \frac{51107 \times 80}{307400 \times 1,2} = 11,08$$

$A_{eff}$  = Luas daerah efektif perletakan... (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.1.d)

$$A_{eff} = A \left( 1 - \frac{\delta a}{a} - \frac{\delta b}{b} \right)$$

$$A_{eff} = 307400 \left( 1 - \frac{5,54}{550} - \frac{11,08}{600} \right) = 298626,99 \text{ mm}^2$$

$$\varepsilon_c = \frac{V_{max}}{3 A_{eff} \cdot G (1 + 2s^2)}$$

$$\varepsilon_c = \frac{241570,82}{3 \times 298626,99 \times 1,2 (1 + 2 \times 1,54^2)} = 0,00084$$

$$\begin{aligned} \varepsilon_{sc} &= 6 S. \varepsilon_c \\ &= 6 \times 11,54 \times 0,00084 = 0,058 \end{aligned}$$

Regangan Geser torsi  $\varepsilon_{sr}$

Gaya vertikal  $V_{max}$  bekerja pada pusat luasan Elastomer dan momen = 0, maka  $\alpha a = \alpha b = 0$   $\varepsilon_{sr} = 0$   
..... (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.3)

Regangan Geser tangensial  $\varepsilon_{sh}$

$$\varepsilon_{sh} = \frac{\delta a}{t} = \frac{5,54}{80} = 0,07$$

Untuk membatasi distorsi tangensial dan agar ujung perletakan menggelinding seminimum ungkin atas kecenderungan pelat baja untuk melentur, syarat yang

harus dipenuhi adalah paal (8.3.6.3) : nilai regangan geser maksimum ijin :

$$A_{eff} \geq 0,9 \cdot A_r$$

$$298626,99 \geq 0,9 \cdot 307400$$

$$298626,99 > 276660 \quad \dots \text{ok!}$$

$$\text{dan } \epsilon_{sh} = 0,7$$

$$0,07 < 0,7 \dots \text{ok!}$$

Syarat untuk menjamin bahwa regangan geser total yang berkembang tidak berlebihan berdasarkan pasal 8.3.6.1 adalah:

$$\epsilon_{sh} + \epsilon_{sr} + \epsilon_{sc} \leq \frac{2,4}{\sqrt{G}} = \frac{2,4}{\sqrt{1,2}}$$

$$0,07 + 0 + 0,058 \leq 2,19089023$$

$$0,128 < 2,19089023 \dots \text{ok!}$$

c. Persyaratan Tegangan Tekan rata-rata (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.2)

$$\frac{V \max}{A_r} \leq 15 \text{MPa} \quad \text{Perletakan Laminasi}$$

$$\frac{2415710 \text{N}}{307400 \text{mm}^2} \leq 15 \text{N/mm}^2$$

$$7,86 < 15 \dots \text{ok!}$$

d. Persyaratan Stabilitas Perletakan (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.5)

$$\frac{V \max}{A_{eff}} \leq \frac{2bGS}{3t}$$

$$\frac{2415710}{298626,99} \leq \frac{2 \times 600 \times 1,2 \times 1,54}{3 \times 80}$$

$$8,08 < 69,24 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

e. Persyaratan Tebal Minimum Pelat Baja (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.6)

Tebal baja  $t_s = 5$  mm dengan  $f_y = 390$  Mpa

Syarat 1 :

$$t_s \leq t_e = 3$$

$$5 \leq 3$$

Jadi yang menentukan adalah

$$t_e = 3 \text{ mm}$$

$$3 \geq \frac{V \text{ max.} / l}{A_r \cdot f_y}$$

$$3 \geq \frac{2415710 \times 12}{307400 \times 3900}$$

$$3 > 0,024 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

f. Persyaratan Penahan Perletakan (Berdasarkan BMS pasal 8.3.6.7)

- Kombinasi Beban

$$H' < 0,1 \cdot V_{\text{max}} + 3 \cdot A_{\text{eff}} \cdot 1,0\text{E-}03$$

$H'$  = Beban horizontal terbesar

$$= 511,07 \text{ kN}$$

$$= 511,07 \text{ kN} < 0,1 \times 2415,71 + 3 \cdot 298626,99 \times 1,0\text{E-}03$$

$$= 511,07 \text{ kN} < 1137,45 \dots\dots\dots \text{ok!}$$

- Beban Permanen

$$\frac{V \text{ max}}{A_{\text{eff}}} \leq 2 \text{ Mpa}$$

$$\frac{2415,71}{298626,99} \leq 2MPa$$

0,01 < 2 ..ok!!

*Jadi Elastomer berukuran 550 x 600 mm<sup>2</sup> dapat dipakai*



## BAB IX BANGUNAN BAWAH

### 9.1 Perencanaan Abutment

#### 9.1.1 Data Perencanaan Bangunan Atas Bentang 40 m

- Panjang Bentang = 40 m
- Lebar Jalan = 11,8 m
- Tebal Lapisan Beton = 0,20 m
- Tebal Lapisan Aspal = 0,05 m
- Lebar Kerb + Trotoar = 0,6 m
- Mutu Baja = BJ 41
- Mutu Beton = 25 MPa
- Jarak Gelagar Memanjang = 1,625 m; n = 9
- Jarak Gelagar Melintang = 4 m; n = 10
- Berat Jenis Aspal = 2,2 t/m<sup>3</sup>
- Berat Jenis Beton = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- Gelagar Memanjang = WF400 x 200 x 7 x 11
- Gelagar Melintang = WF800 x 300 x 16 x 30
- Rangka Batang Utama
  - Horizontal Atas= WF 400 x 400 x 20 x 35
  - Horizontal Bawah= WF 400 x 400 x 20 x 35
  - Diagonal (tarik)= WF 400 x 400 x 16 x 24
  - Diagonal (tekan)= WF 400 x 400 x 18 x 28
  - Batang Vertikal= WF 400 x 300 x 9 x 14
  - Ikatan Angin Bawah = L 200 x 200 x 18

#### 9.1.2 Beban Mati

- Berat Pelat Beton=40x13x0,20x2,4 =249,6ton
- Berat trotoar + kerb=40x1,2x0,20x2,4= 23,04ton
- Berat Aspal= 40 x 11,8 x 0,05 x 2,2=51,92ton
- Berat Gelagar memanjang  
=40x9x0,0566=20,37ton
- Berat Gelagar Melintang =13x11x0,241=34,463ton

- Berat Rangka Batang Utama
    - Batang Horizontal Atas =  $2 \times 9 \times 4 \times 0,283$   
= 20,376 ton
    - Batang Horizontal Bawah =  $2 \times 10 \times 4 \times 0,283$   
= 22,64 ton
    - Batang Diagonal (tarik) =  $2 \times 8 \times 7,211 \times 0,2$   
= 23,08 ton
    - Diagonal (tekan) =  $2 \times 2 \times 7,211 \times 0,232$   
= 6,69 ton
    - Batang Vertikal =  $2 \times 9 \times 6 \times 0,0943$   
= 10,18 ton
    - Ikatan Angin Bawah =  $2 \times 10 \times 13,6 \times 0,0543$   
= 14,77 ton

**Jumlah = 477,135 ton**

  - Sambungan + Pelat Simpul =  $10 \% \times 477,135$   
= 47,7135 ton
- Total Beban Mati ( Wt ) = 524,85 t**
- Reaksi di Perletakan RD =  $0,5 \times Wt$   
=  $0,5 \times 524,85$  ton  
= 262,42 ton

### 9.1.3 Beban Hidup

#### 9.1.3.1 Beban Tersebar Merata (UDL)

$$\begin{aligned}
 q \text{ (UDL)} &= 8 \text{ kN/m}^2 && \text{(BMS 2.3.3.1 hal.2-22)} \\
 q \text{ kerb} &= 5 \text{ KN/m}^2 \\
 \text{RL (UDL)} &= \{(100\% q \text{ (UDL)} \times 5,5) + (50\% q \text{ (UDL)} \times 2 \\
 &\times 3,15) + (q \text{ (kerb)} \times 2 \times 0,6)\} \times 40 \times 0,5 \\
 &= \{(100\% \times 8 \times 5,5) + (50\% \times 8 \times 2 \times 3,15) + (5 \times 0,6 \times \\
 &2)\} \times 40 \times 0,5 \\
 &= 1504 \text{ kN} = 150,4 \text{ ton}
 \end{aligned}$$

#### 9.1.3.2 Beban Garis (KEL)

$$\begin{aligned}
 P &= 44 \text{ KN/m} && \text{(BMS 2.3.3.1 hal 2-22)} \\
 &\text{dan gambar 2.8)} \\
 P \text{ KEL} &= P (1+DLA)
 \end{aligned}$$

$$DLA = 0,40$$

$$P \text{ KEL} = 44 \times (1 + 0,4) = 61,6 \text{ kN/m}$$

$$\begin{aligned} RL \text{ (KEL)} &= P(\text{KEL}) \times 5,5 + 50\% P \text{ (KEL)} \times 2 \times 3,15 \\ &= 61,6 \times 5,5 + 0,5 \times 61,6 \times 2 \times 3,15 \\ &= 532,84 \text{ kN} = 53,284 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} R \text{ hidup perletakan} &= RL \text{ (UDL)} + RL \text{ (KEL)} \\ &= 150,4 + 53,284 = 203,684 \text{ t} \end{aligned}$$

#### 9.1.4 Data Perencanaan Bangunan Atas Bentang 80 m

- Panjang Bentang = 80 m
- Lebar Jalan = 11,8 m
- Tebal Lapisan Beton = 0,20 m
- Tebal Lapisan Aspal = 0,05 m
- Lebar Kerb + Trotoar = 0,6 m
- Mutu Baja = BJ 41
- Mutu Beton = 25 MPa
- Jarak Gelagar Memanjang = 1,625 m; n = 8
- Jarak Gelagar Melintang = 5,714 m; n = 14
- Berat Jenis Aspal = 2,2 t/m<sup>3</sup>
- Berat Jenis Beton = 2,4 t/m<sup>3</sup>
- Gelagar Memanjang = WF400 x 400 x 13 x 21
- Gelagar Melintang = WF 900 x 300 x 18 x 34
- Rangka Batang Utama
  - Horizontal Atas = WF 400 x 400 x 45 x 70
  - Horizontal Bawah = WF400 x 400 x 45 x 70
  - Diagonal = WF 400 x 400 x 30 x 50
  - Batang Vertikal = WF 400 x 400 x 11 x 18
  - Ikatan Angin Bawah = L 200 x 200 x 18

#### 9.1.5 Beban Mati

- Berat Pelat Beton = 80 x 13 x 0,20 x 2,4  
= 499,2 ton
- Berat tambahan Kerb = 80 x 1,2 x 0,2 x 2,4  
= 46,08 ton

- Berat Aspal =  $80 \times 11,8 \times 0,05 \times 2,2$   
= 103,84 ton
  - Berat Gelagar Memanjang =  $80 \times 8 \times 0,172$   
= 110,08 ton
  - Berat Gelagar Melintang =  $13 \times 14 \times 0,286$   
= 52,052 ton
  - Berat Rangka Batang Utama
    - Batang Horizontal Atas =  $5,714 \times 12 \times 2 \times 0,605$   
= 82,97 ton
    - Batang Horizontal Bawah =  $2 \times 14 \times 5,714 \times 0,605$   
= 96,80 ton
    - Batang Diagonal =  $2 \times 14 \times 8,286 \times 0,415$   
= 96,28 ton
    - Batang Vertikal =  $2 \times 13 \times 7,234 \times 0,147$   
= 27,65 ton
    - Ikatan Angin Atas =  $30,3 \times 12 \times 0,0543$   
= 19,74 ton
    - Ikatan Angin bawah =  $14,2 \times 2 \times 14 \times 0,0543$   
= 21,59 ton
  - **Jumlah = 1156,282 ton**
  - Sambungan + Pelat Simpul =  $10 \% \times 507,16$   
= 50,716 ton
- Total Beban Mati ( Wt ) = 1206,998 t**
- Reaksi di Perletakan RD =  $0,5 \times Wt$   
=  $0,5 \times 1206,998 \text{ ton}$   
= 603,5 ton

### 9.1.6 Beban Hidup

#### 9.1.6.1 Beban Tersebar Merata (UDL)

$$q \text{ (UDL)} = 8 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{BMS 2.3.3.1 hal.2-22})$$

$$q \text{ kerb} = 5 \text{ KN/m}^2$$

$$RL \text{ (UDL)} = \{ (100\% q \text{ (UDL)} \times 5,5) + (50\% q \text{ (UDL)} \times 2 \times 3,15) + (q \text{ (kerb)} \times 2 \times 0,6) \} \times 80 \times 0,5$$

$$= \{ (100\% \times 8 \times 5,5) + (50\% \times 8 \times 2 \times 3,15) + (5 \times 0,6 \times 2) \} \times 80 \times 0,5$$

$$= 3008 \text{ kN} = 300,8 \text{ ton}$$

**9.1.6.2 Beban Garis (KEL)**

$$P = 44 \text{ KN/m} \quad (\text{BMS 2.3.3.1 hal 2-22})$$

dan gambar 2.8)

$$P \text{ KEL} = P (1 + \text{DLA})$$

dari gambar 2.8 didapat :

$$\text{DLA} = 0,40$$

$$P \text{ KEL} = 44 \times (1 + 40,00\%) = 61,6 \text{ kN/m}$$

$$\text{RL (KEL)} = P (\text{KEL}) \times 5,5 + 50\% P (\text{KEL}) \times 2 \times 3,15$$

$$= 61,6 \times 5,5 + 0,5 \times 61,6 \times 2 \times 3,15$$

$$= 532,84 \text{ kN} = 53,284 \text{ t}$$

$$\text{R hidup perletakan} = \text{RL (UDL)} + \text{RL (KEL)}$$

$$= 300,8 + 53,284 = 354,084 \text{ t}$$

**9.1.7 Perencanaan Abutment Sisi Kanan**

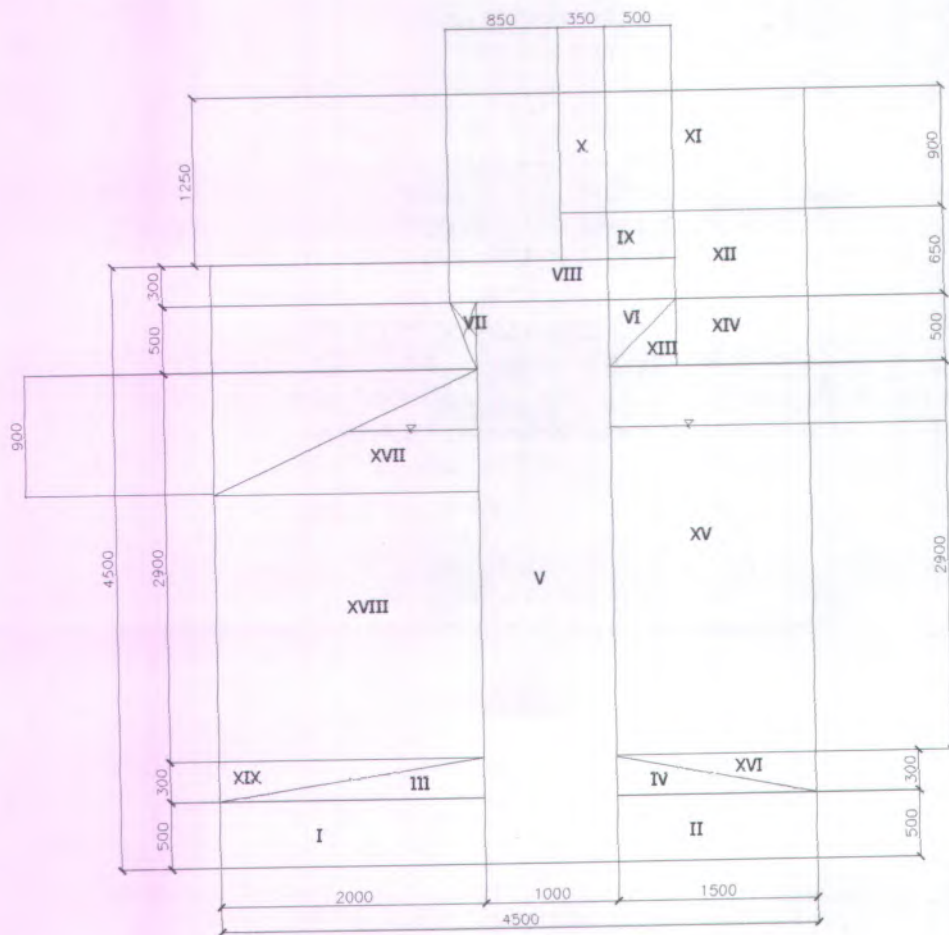
$$\text{Beban mati} = 198,7876 \text{ ton}$$

$$\text{Beban hidup} = 201 \text{ ton}$$

$$\text{Ra} = 0,5 (\text{beban mati} + \text{beban hidup})$$

$$= 0,5 (198,7876 + 201)$$

$$= 199,894 \text{ t}$$



Gambar 9.1.7.1. Abutmen Sisi Kanan

**Perhitungan Berat Abutment :**

I	= 24,06	ton
II	= 24,06	ton
III	= 7,22	ton
IV	= 7,22	ton
V	= 115,50	ton
VI	= 3,4375	ton
VII	= 1,375	ton
VIII	= 14,025	ton
IX	= 8,18125	ton
X	= 8,66	ton
XI	= 31,19	ton
XII	= 16,09	ton
XIII	= 12,38	ton
XIV	= 2,48	ton
XV	= 100,49	ton
XVI	= 5,20	ton
XVII	= 15,59	ton
XVIII	= 69,3	ton
XIX	= 5,2	ton

**Sehingga Berat total dari Struktur abutment adalah 471,62 ton**

**Jarak Terhadap Titik O**

I	= -1	m
II	= 1,75	m
III	= -0,667	m
IV	= 1,667	m
V	= 0,5	m
VI	= 1.167	m
VII	= -0,067	m
VIII	= 0,65	m
X	= 0,825	m
IX	= 1,075	m
XI	= 1,75	m
XII	= 2	m
XIII	= 1,33	m
XIV	= 2	m
XV	= 1,75	m
XVI	= 2	m
XVII	= -0,667	m
XVIII	= -1	m
XIX	= -1,33	m



$\Sigma W_i.X_i$ 

I	= -24,06	tm
II	= 42,105	tm
III	= -4,816	tm
IV	= 12,036	tm
V	= 57,75	tm
VI	= 4,012	tm
VII	= -0,092	tm
VIII	= 9,116	tm
IX	= 8,795	tm
I	= -24,06	tm
II	= 42,105	tm
III	= -4,816	tm
IV	= 12,036	tm
V	= 57,75	tm
VI	= 4,012	tm
VII	= -0,092	tm
VIII	= 9,116	tm
IX	= 8,795	tm
I	= -24,06	tm
II	= 42,105	tm

198

III = -4,816 tm

IV = 12,036 tm

V = 57,75 tm

VI = 4,012 tm

VII = -0,092 tm

VIII = 9,116 tm

IX = 8,795 tm

X XI = 54,583 tm

XII = 32,18 tm

XIII = 16,465 tm

XIV = 4,96 tm

XV = 175,858 tm

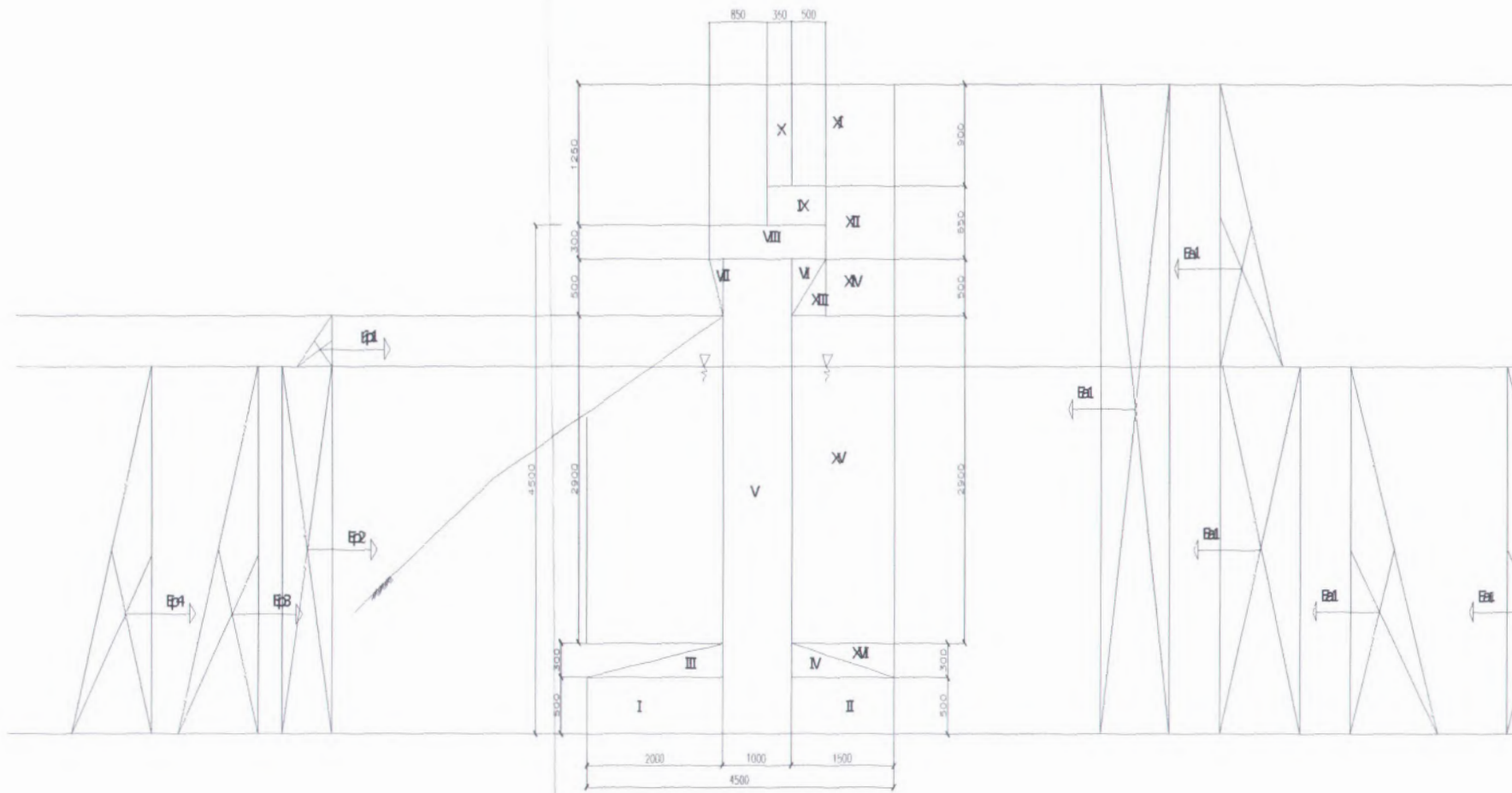
XVI = 10,4 tm

XVII = - 10,399 tm

XVIII = -69,3 tm

XIX = -6,916 tm

**Sehingga momen penahan total dari struktur abutment  
adalah 319,822 tm**



Gambar 9.1.7.2. Diagram Tekanan Aktif Abutmen

$$K_a = \operatorname{tg}^2(45 - \phi/2) = \operatorname{tg}^2(45 - 30/2) \\ = 0,333$$

> Akibat beban lalu lintas untuk tanah di bawahnya

$$E_{a1} = H_{\text{tot}} \times H_{\text{beban}} \times \gamma_{\text{urug}} \times K_a \times L \\ = 5,75 \times 0,6 \times 1,8 \times 0,333 \times 11 = 22,54 \text{ ton}$$

> Akibat Urugan Pasir dengan ketebalan 2,5 m

$$E_{a2} = \gamma_{\text{urug}} \times K_a \times H_1 \times L \times 1/2 H_1 \\ = 1,8 \times 0,33 \times 2,5 \times 11 \times 2,5 = 20,419 \text{ ton}$$

> Akibat urugan pasir dengan tebal 2,50 m untuk tanah di bawahnya

$$E_{a3} = \gamma_{\text{urug}} \times K_a \times H_2 \times L \times H_2 \\ = 1,8 \times 0,33 \times 3,25 \times 11 \times 3,25 = 69,015 \text{ ton}$$

> Akibat urugan pasir bercampur air dengan tebal 3,25 m

$$E_{a4} = 0,5 \times H_2 \times \gamma' \times K_a \times H_2 \\ = 0,5 \times 3,25 \times 0,8 \times 0,333 \times 3,25 = 15,337 \text{ ton}$$

> Akibat beban air dengan tebal 3,25 m

$$E_{a5} = 0,5 \times H_2 \times \gamma_w \times K_a \times H_2 \\ = 0,5 \times 3,25 \times 1 \times 0,333 \times 3,25 = 19,171 \text{ ton}$$

$$E_a = E_{a1} + E_{a2} + E_{a3} + E_{a4} + E_{a5}$$

$$= 22,54 \text{ t} + 20,419 \text{ t} + 69,018 + 15,337 + 19,171 = 297,169$$

$$\text{Momen Guling Aktif} = E_{a1} \times 1/2 H_{\text{tot}} + E_{a2} \times (1/3 H_1 + H_2) + \\ E_{a3} \times 1/2 H_2 + E_{a4} \times 1/3 H_2 + E_{a5} \times 1/3 H_2 \\ = 22,54 \times 1/2 \times 5,75 + 20,419 \times (1/3 \times 2,5 + 3,25) + 69,015 \times 1/2 \\ \times 3,25 + 15,337 \times 1/3 \times 3,25 + 19,171 \times 1/3 \times 3,25 \\ = 297,169 \text{ tm}$$

> Akibat Urugan Pasir dengan ketebalan 0,65 m

$$E_{p1} = \gamma_{\text{urug}} \times K_a \times H_1 \times L \times 1/2 H_1 \\ = 1,8 \times 0,33 \times 0,65 \times 11 \times 0,65 = 1,38 \text{ ton}$$

> Akibat urugan pasir dengan tebal 2,50 m untuk tanah di bawahnya

$$E_{p2} = \gamma_{\text{urug}} \times K_a \times H_2 \times L \times H_2 \\ = 1,8 \times 0,33 \times 3,25 \times 11 \times 3,25 = 69,015 \text{ ton}$$

> Akibat urugan pasir bercampur air dengan tebal 3,25 m

$$E_{p3} = 0,5 \times H_2 \times \gamma' \times K_a \times H_2$$

$$= 0,5 \times 3,25 \times 0,8 \times 0,333 \times 3,25 = 15,337 \text{ ton}$$

> Akibat beban air dengan tebal 3,25 m

$$\begin{aligned} E_{p4} &= 0,5 \times H_2 \times \gamma_w \times K_a \times H_2 \\ &= 0,5 \times 3,25 \times 1 \times 0,333 \times 3,25 = 19,171 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_p &= E_{p1} + E_{p2} + E_{p3} + E_{p4} \\ &= 1,38 + 69,018 + 15,337 + 19,171 = 104,903 \text{ t} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Momen Guling Pasif} &= E_{p1} \times (1/3 H_1 + H_2) + E_{p2} \times 1/2 H_2 + \\ &E_{p3} \times 1/3 H_2 + E_{p4} \times 1/3 H_2 \\ &= 1,38 \times (1/3 \times 0,65 + 3,25) + 69,015 \times 1/2 \times 3,25 + 15,337 \times 1/3 \\ &\times 3,25 + 19,171 \times 1/3 \times 3,25 \\ &= 153,94 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\Sigma \text{ Momen Guling} = 297,169 - 153,94 = 143,229 \text{ tm}$$

#### 9.1.1.1 Kontrol Stabilitas Abutment

##### 1. Kontrol Guling

$$\begin{aligned} SF &= \frac{\sum \text{momen. penahan}}{\sum \text{momen. guling}} = \frac{319,822}{143,299} = 2,233 \\ &= 2,233 > 1,5 \dots \dots \text{ok!} \end{aligned}$$

##### 2. Kontrol Geser

Faktor Keamanan terhadap geser

$$SF = \frac{a \cdot b + W \cdot \text{tg} \cdot \delta}{P} \geq 1,5$$

dimana:

a = Karakteristik adhesi antara tanah dgn abutment

C = Kohesi tanah di bawah abutment

b = lebar pondasi  
= 11 m

$$\begin{aligned}
 W &= \text{Komposisi Vertikal dari R} \\
 &= W_{\text{total}} \\
 P &= \text{Komposisi Horizontal dari R} \\
 &= E_a \\
 \delta &= \text{faktor lekatan/hambatan antara} \\
 \text{tanah dan pondasi} &= 20^\circ \\
 SF &= \frac{(0 \times 11) + (603,5 \times \text{tg} 20^\circ)}{(297,169 - 104,903)} \\
 &= 4,131 > 3 \quad \dots \text{Ok!}
 \end{aligned}$$

### 3. Kontrol Daya Dukung Tanah

$$\begin{aligned}
 \phi = 30^\circ \rightarrow N_c &= 30 \\
 N_q &= 18,4 \\
 N_\gamma &= 18,1
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 q_{ult} &= \left(1 - 0,2 \frac{B}{L}\right)^{1/2} \cdot \gamma_t \cdot B \cdot N_\gamma + \gamma_{\text{urug}} \cdot d_f \cdot N_q \\
 &= \left(1 - 0,2 \frac{4,5}{11}\right)^{1/2} \times 1,81 \times 4,5 \times 18,1 + 1,8 \times 3 \times 18,4 \\
 &= 167,041
 \end{aligned}$$

$$e = \frac{\sum M}{\sum W} = \frac{(319,822 - 143,229)}{603,5} = 0,29$$

$$B = 4,5$$

$$B/2 = 2,25$$

$$B/6 = 0,75$$

Untuk  $0 < e < B/6$

$$\sigma_{\text{max}} = \frac{2V}{12} \left(1 + \frac{6e}{B}\right) = \frac{603,5}{12} \left(1 + \frac{6 \times 0,29}{4,5}\right) = 69,74$$

$$SF = \frac{q_{ult}}{\sigma_{\text{max}}} = \frac{167,041}{69,74} = 2,4 > 1,5 \text{ ok} \dots \dots \dots !$$

### 9.1.1.2 Penulangan Dinding Abutment

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

Beban yang terjadi :

Kombinasi beban horizontal terbesar arah memanjang  
yaitu:

$$H_a = P_{\text{gempa longitudinal}} \\ = F(x) Q$$

$$= 28,38 \text{ ton}$$

$$\text{Gara rem} = 25 \text{ ton}$$

$$M_u = (28,38 + 25) \times 3,7 = 197,506 \text{ tm}$$

$$M_u = 1,97 \cdot 10^9 \text{ Nmm}$$

$$\text{As rencana} = D25 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$\text{Selimut beton} = 50 \text{ cm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$d_x = t - \text{Sel. bet} - 0,5 \cdot \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan horizontal}}$$

$$= 1000 - 50 - 12,5 - 25$$

$$= 912,5 \text{ mm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{1,97 \cdot 10^8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 912,5^2} = 1,58 \text{ Mpa}$$

(N/mm<sup>2</sup>)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot 18,43 \cdot x \cdot 1,58}{390}} \right) =$$

0,004

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,004 \times 1000 \times 912,5 = 3650 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = \text{As tul.} \left( \frac{1000}{3650} \right) = 134,42$$

Dipasang D25 sejarak 100 mm

### 9.1.1.3 Penulangan Poer

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

sebelah kiri

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$q_d \text{ tanah} = (0,5 \times (2,9 + 3,2) \times 2) \times 1,8 \text{ t/m}^3 = 10,98 \text{ t/m}^2$$

$$\text{Wabutment} = 471,62$$

$$\text{Mt tanah} = 1/8 \cdot q_d \cdot l^2 = 1/8 \cdot 10,98 \cdot 2^2 = 5,49 \quad \text{tm}$$

$$\text{MA} = 471,62 \times 2 = 943,24 \quad \text{tm}$$

$$\text{Mu total} = 948,73 \quad \text{tm}$$

$$\text{As rencana} = \text{D25} = 490,625 \text{ mm}^2$$

dx = t - Sel.bet. - 0,5 x  $\phi$ utama -  $\phi$ tulangan memanjang

$$= 500 - 50 - 12,5 - 25$$

$$= 412,5$$

$$Rn = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{9,4873 \cdot 10^8}{0,8 \cdot x \cdot 1000 \cdot x \cdot 412,5^2} = 6,96 \text{ Mpa}$$

(N/mm<sup>2</sup>)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$



$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 18,43 \times 6,96}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0086$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d_x = 0,0086 \times 1000 \times 412,5 = 3547,5 \text{ mm}^2$$

$$S = A_s \text{ tul.} \left( \frac{1000}{3547,5} \right) = 138 ; \text{ Dipasang D25 sejarak } 120 \text{ mm}$$

### sebelah kanan

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$q_d \text{ tanah} = (0,5 \times (2,9 + 3,2) \times 2) \times 1,8 \text{ t/m}^3 = 10,98 \text{ t/m}^3$$

$$\text{Wabutment} = 471,62$$

$$\text{Mtanah} = 1/8 \cdot q_d \cdot l^2 = 1/8 \cdot 10,98 \cdot 1,5^2 = 3,1 \quad \text{tm}$$

$$\text{MA} = 471,62 \times 1,5 = 707,43 \quad \text{tm}$$

$$\text{Mu total} = 710,53 \quad \text{tm}$$

$$A_s \text{ rencana} = \text{D25} = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$d_x = t - \text{Sel. bet.} - 0,5 \times \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan}}$$

$$= 500 - 50 - 12,5 - 25$$

$$= 412,5$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot d_x^2} = \frac{7,1 \cdot 10^8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 412,5^2} = 2,211$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{1843} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1843 \times 2,211}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,006$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times dx = 0,006 \times 1000 \times 412,5 = 2475 \text{ mm}^2$$

$$S = A_s \text{ tul.} \left( \frac{1000}{2475} \right) = 198,23$$

Dipasang D25 sejarak 120 mm (*sama dengan sisi kiri*)

### Horizontal

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$W_{\text{abutment}} = 471,62 \text{ t}$$

$$q_{\text{abutment}} = 471,62 / 11 = 42,87 \text{ t/m}^2$$

$$M_{\text{abutment}} = 1/8 \cdot q \cdot l^2 = 1/8 \cdot 42,87 \cdot 11^2 = 648,48 \text{ tm}$$

$$A_s \text{ rencana} = D25 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$dx = t - \text{Sel. bet.} - 0,5 \times \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan}}$   
memanjang

$$= 500 - 50 - 12,5 - 25$$

$$= 412,5$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{6,48 \cdot 10^8}{0,8 \cdot 1000 \cdot 412,5^2} = 4,76$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mRn}{f_y}} \right) = \frac{1}{1843} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1843 \times 4,76}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,006$$

$$A_s \text{ perlu} = \rho \times b \times d = 0,006 \times 1000 \times 412,5 = 2475 \text{ mm}^2$$

$$S = A_s \text{ tul.} \left( \frac{1000}{2475} \right) = 198,23$$

Dipasang D25 sejarak 120 mm

### 9.1.1.3 Penulangan Konsol belakang

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$1. \quad V_u \leq 0,2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ \leq 0,2 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 1150 \\ \leq 5750000 \text{ N}$$

$$V_n = \frac{V_u (\text{berat tanah dan pelat injak})}{\phi} = \frac{247500}{0,65}$$

$$= 380769,231 \text{ N}$$

$$V_n < V_n$$

$$2. \quad A_v f =$$

$$\frac{V_u}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} = \frac{380769,231}{0,65 \cdot 390 \cdot 1,4 (\text{SKSNI pasal 3.4.9.3-4})} = 1073 \text{ mm}^2$$

$$N_{uc} = 0,2 V_u = 0,2 \cdot 380769,231 = 76153 \text{ N}$$

$$M_u = (380769,231 \cdot 250) + (76153 \cdot 50) \\ = 98999957,75 \text{ Nmm}$$

$$3. \quad A_f = \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot d_x} = \frac{98999957,75}{0,65 \cdot 390 \cdot 0,85 \cdot 1071,5} = 428,79 \text{ mm}^2$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{0,99 \cdot 10^8}{0,8 \cdot x \cdot 1000 \cdot x \cdot 1071,5^2} = 0,11$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\frac{\rho}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{fy}} \right) = \frac{\rho_{\text{perlu}}}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot 18,43 \cdot x \cdot 0,11}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,001 < \rho_{\text{min}} = 0,0036$$

$$As_1 = \frac{2}{3} \cdot Avf + An = 2/3 \cdot 1073 + 0 = 715,33 \text{ mm}^2$$

$$As_3 \text{ perlu} = \rho \cdot b \cdot dx = 0,0036 \cdot 1000 \cdot 1071,5 = 3857,4 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ rencana} = D25 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$S = As \text{ tul} \cdot \left( \frac{1000}{3857,4} \right) = 127,2$$

Dipasang tulangan jangkar D25-120

#### 4. Tulangan horisontal

$$V \text{ tanah} = 0,9 \cdot 13 \cdot 1,8 \cdot 0,5 = 10,53 \text{ t/m}^2$$

$$M_{\text{tanah}} = 1/8 \cdot q_d \cdot l^2 = 1/8 \cdot 1053 \cdot 0,9^2 = 106,62 \text{ tm}$$

$$= 1066200000 \text{ Nmm}$$

$$As \text{ rencana} = D19 = 283,385 \text{ mm}^2$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{1066200000}{0,8 \cdot x \cdot 1000 \cdot x \cdot 1071,5^2} = 1,16$$

$$m = \frac{fy}{0,85 \cdot fc} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.m.Rn}{fy}} \right) = \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2.x.18,43.x.1,16}{390}} \right) =$$

0,00031

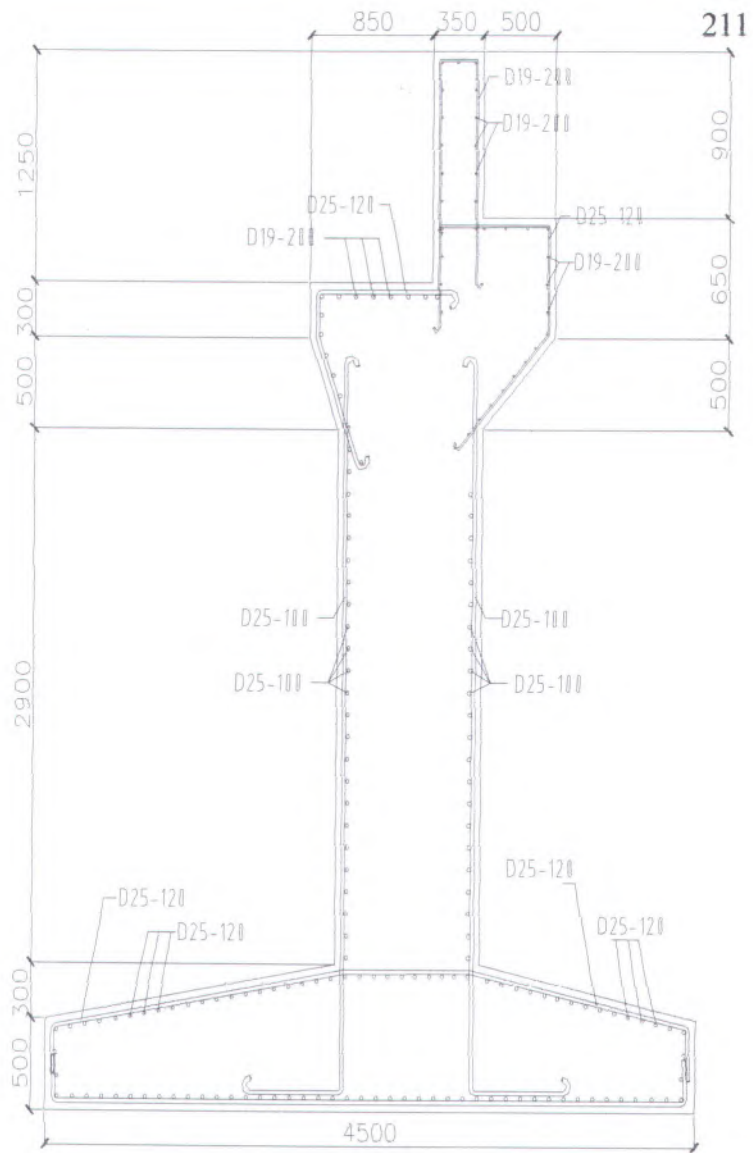
$\rho_{\text{perlu}} < \rho_{\text{min}} = 0,0036$

$As_{\text{perlu}} = \rho \times b \times dx = 0,0036 \times 1000 \times 1071,5 = 3857,4 \text{ mm}^2$

$As_{\text{rencana}} = D25 = 490,625 \text{ mm}^2$

$$S = As_{\text{tul}} \left( \frac{1000}{3857,4} \right) = 127,2$$

Dipasang D19-200



Gambar 9.1.7.3. Denah Penulangan Abutmen

**9.1.8. Perencanaan Abutmen Sisi Tengah**

$$\text{Beban mati} = 262,42 \text{ t} + 603,5 \text{ t} = 865,92 \text{ t}$$

$$\text{Beban hidup} = 150,4 \text{ t} + 300,8 \text{ t} = 451,2 \text{ t}$$

$$\text{KEL} = 53,284 \text{ t}$$

$$\text{V} = 865,92 + 451,2 + 53,284$$

$$= 1370,404 \text{ t}$$

Berat Abutment:

$$W_I = 1 \times 10,75 \times 11 \times 2,4 = 283,8 \text{ t}$$

$$W_{II} = 1 \times 1 \times 11 \times 2,4 = 26,4 \text{ t}$$

$$W_{III} = 1 \times 1 \times 11 \times 2,4 = 26,4 \text{ t}$$

$$W_{IV} = 1 \times 0,25 \times 0,5 \times 11 \times 2,4 = 87,92 \text{ t}$$

$$W_V = 1 \times 0,25 \times 0,5 \times 11 \times 2,4 = 87,92 \text{ t}$$

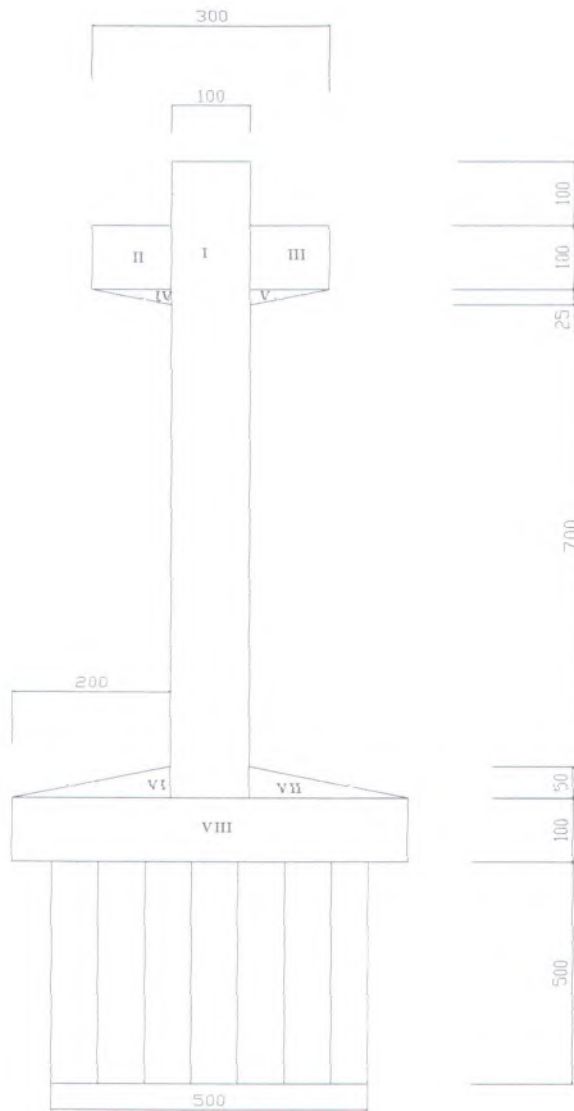
$$W_{VI} = 2 \times 0,5 \times 0,5 \times 11 \times 2,4 = 13,2 \text{ t}$$

$$W_{VII} = 2 \times 0,5 \times 0,5 \times 11 \times 2,4 = 13,2 \text{ t}$$

$$W_{VIII} = 1 \times 5 \times 11 \times 2,4 = 132 \text{ t}$$

$$W_{IX} = 2 \times 3,14 \times 2^2 \times 3,5 = 87,92 \text{ t}$$

$$W_{\text{abutmen}} = 758,76 \text{ t}$$



*Gambar 9.1.8.1. Pilar*



### 9.1.8.1. Kontrol Stabilitas Abutment

#### 1. Kontrol Daya Dukung

$$\sigma_{\max} = \frac{V}{A} = \frac{1370,404}{19,63} = 69,79 \text{ t/m}^2$$

$$\begin{aligned} \emptyset = 30^\circ \blacktriangleright \quad N_c &= 30 \\ N_q &= 18,4 \\ N_\gamma &= 18,1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_{ult} &= 0,6 \gamma \frac{B}{2} N_\gamma + \gamma D N_q \\ &= 0,6 \cdot 1,8 \cdot 2,5 \cdot 18,1 + 1,8 \cdot 5 \cdot 18,4 \\ &= 214,47 \text{ t/m}^2 \end{aligned}$$

$$SF = \frac{214,47}{69,79} = 3,1 > 3 \quad \text{OK!}$$

#### 2. Kontrol Terhadap Geser

$$T_{EF} = 0,5 C_D (V_s)^2 A_d \text{ kN}$$

Dimana :  $T_{EF}$  = gaya seret

$V_s$  = kec. Air rata-rata

sungai = 20 m/dt

$C_d$  = koefisien seret = 1,4

$A_d$  = luas proyeksi pilar

tegak lurus arah aliran ( $\text{m}^2$ )

$$= 11 \times 1 = 11 \text{ m}^2$$

$$T_{EF} = 0,5 \times 1,4 \times (20)^2 \times 11 = 3080 \text{ KN} = 308 \text{ t}$$

$$SF = \frac{1,5 \times W_{ABUTMEN}}{T_{EF}} > 1,5$$

$$= \frac{1,5 \times 758,76}{308} = 3,7 > 1,5$$

### 9.1.8.2. Penulangan Dinding Pilar

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} H_a &= P_{\text{gempa longitudinal}} \\ &= F(x) Q \\ &= 28,38 \text{ ton} \end{aligned}$$

$$\text{Gaya rem} = 25 \text{ ton}$$

$$\begin{aligned} M_u &= (28,38 + 25) \cdot 8,25 \\ &= 440 \text{ tm} \end{aligned}$$

diameter tul horizontal: 25 mm

Selimut beton = 5 cm

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{Sel. bet} - 0,5 \cdot \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan horizontal}} \\ &= 100 - 5 - 0,5 \times 2,5 - 2,5 \\ &= 91,25 \text{ cm} \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\phi \cdot b \cdot dx^2} = \frac{4,4E+09}{0,8 \cdot 1000 \cdot 912,5^2} = 0,66 \text{ Mpa (N/mm}^2\text{)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2mR_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{1843} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \times 1843 \times 0,66}{390}} \right)$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0002$$

$$\begin{aligned} A_s_{\text{perlu}} &= \rho \times b \times dx \\ &= 0,0036 \times 1000 \times 912,5 \\ &= 3285 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

$$S = A_s \text{ tul} \left( \frac{1000}{3285} \right) = 149$$

Dipasang D25 sejarak 120 mm

**9.1.8.3. Penulangan Poer**

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,00359$$

$$\text{Tebal Pelat} = 100 \text{ cm}$$

$$W_{\text{abutmen}} = 758,76 \text{ t}$$

$$\begin{aligned} Mu &= 1/8 \cdot 758,76 \cdot 2^2 \\ &= 379,38 \text{ tm} \end{aligned}$$

$$\text{diameter tulangan} : 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{diameter memanjang} : 2,5 \text{ cm}$$

$$\text{Selimut beton} = 10 \text{ cm}$$

$$b = 1000 \text{ mm}$$

$$\begin{aligned} dx &= t - \text{Sel.bet.} - 0,5 \times \phi_{\text{utama}} - \phi_{\text{tulangan}} \\ \text{memanjang} \end{aligned}$$

$$= 100 - 10 - 0,5 \times 2,5 - 2,5$$

$$= 86,25 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{3,79E+9}{0,8 \cdot 1000 \cdot 862,5^2} = 0,637$$

$$\text{Mpa (N/mm}^2\text{)}$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,637}{390}} \right) =$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0002$$

$$\rho_{\text{perlu}} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} \text{As perlu} &= \rho \times b \times dx = 0,0036 \times 1000 \times \\ 862,5 & \\ &= 3105 \text{ mm}^2 \end{aligned}$$

Dipasang D25 sejarak 100 mm

#### 9.1.8.4. Penulangan Konsol

$$f_c = 25 \text{ Mpa}$$

$$f_y = 390 \text{ Mpa}$$

$$\rho_{\min} = \frac{1.4}{f_y} = \frac{1.4}{390} = 0,0036$$

$$\begin{aligned} 1. \quad V_{n1} &\leq 0,2 \cdot f_c' \cdot b \cdot d \\ &\leq 0,2 \cdot 25 \cdot 1000 \cdot 1250 \\ &\leq 6250000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 2. \quad A_{vf} &= \\ \frac{V_u}{\phi \cdot f_y \cdot \mu} &= \frac{6250000}{0,65 \cdot 390 \cdot 1,4 (\text{SKSNI pasal 3.4.9.3-4})} = 17610 \\ &\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} N_{uc} &= 0,2 \cdot 6250000 \\ &= 1250000 \text{ N} \end{aligned}$$

$$M_u = (13704040 \cdot 1) + (1250000 \cdot 50) = 76204040 \text{ Nmm}$$

$$\begin{aligned} 3. \quad A_f &= \frac{M_u}{\phi \cdot f_y \cdot j \cdot dx} = \frac{76204040}{0,65 \cdot 390 \cdot 0,85 \cdot 1150} = 307,53 \\ &\text{mm}^2 \end{aligned}$$

$$R_n = \frac{M_u}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{76204040}{0,8 \cdot 1000 \cdot 1250^2} = 0,06$$

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c} = \frac{390}{0,85 \cdot 25} = 18,43$$

$$\rho_{\text{perlu}} = \frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot Rn}{f_y}} \right) = \frac{1}{18,43} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,06}{390}} \right)$$

$$= 0,00001$$

$$As_1 = \frac{2}{3} \cdot Avf + An = 2/3 \cdot 17610 + 0 = 11740$$

$$As_3 \text{ perlu} = \rho \times b \times dx = 0,0036 \times 1000 \times 1250 = 3750 \text{ mm}^2$$

$$As \text{ rencana} = D25 = 490,625 \text{ mm}^2$$

$$S = As \text{ tul} \cdot \left( \frac{1000}{3750} \right) = 130,83$$

Dipasang tulangan jangkar D25-100

#### 9.1.8.5. Pondasi Sumuran

Direncanakan pondasi sumuran dengan data sebagai berikut ;

- diameter (D) = 4.5 m

- Kedalaman (L) = 5 m

-  $\sigma$  = 24 kg/cm<sup>2</sup>

- JHP = 1400 kg/cm

$$Pt = \left( \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot D^2 \cdot \sigma \right) + \left( \pi \cdot D \cdot JHP \right) \right) / SF$$

$$= \left( \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 450^2 \cdot 24 \right) + \left( \pi \cdot 450 \cdot 1400 \right) \right) / 5$$

$$= 4212875,7 \text{ kg} = 4212,876 \text{ t}$$

$$Pu = W_{\text{bangunan atas}} + W_{\text{bangunan bawah}} + V$$

$$= 1580,558 + 758,76 + 1370,404$$

$$= 3709,722 \text{ t}$$

Pt > Pu.....ok

**Penulangan :**

$f_c = 25 \text{ Mpa}$

$f_y = 390 \text{ Mpa}$

$$\rho_{\text{min}} = \frac{1,4}{f_y} = \frac{1,4}{390} = 0,0036$$

Tebal Pelat = 200 cm

$$\begin{aligned}\text{Gaya seret} &= 0,35 \cdot V e^2 \cdot A_d \\ &= 0,35 \cdot 30^2 \cdot (11 \cdot 5) \\ &= 17325 \text{ kPa} = 17,325 \text{ N/mm}^2\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{Mu} &= 17,325 \cdot (3 \cdot 1) \cdot 5000 \\ &= 259875000 \text{ N}\end{aligned}$$

diameter tulangan : 2,5 cm

diameter memanjang: 2,5 cm

D = 4500 mm ; keliling (b) = 14137 mm

dx = t - Sel.bet. - 0,5 x  $\phi$ utama -  $\phi$ tulangan memanjang

$$= 200 - 4 - 0,5 \times 2,5 - 2,5$$

$$= 192,25 \text{ cm}$$

$$R_n = \frac{Mu}{\rho \cdot b \cdot dx^2} = \frac{259875000}{0,85 \cdot x \cdot 14137 \cdot x \cdot 1922,5^2} = 0,0006 \text{ Mpa}$$

(N/mm<sup>2</sup>)

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot x \cdot 25} = 18,43 \quad \rho \text{ perlu} =$$

$$\frac{1}{m} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) = \frac{1}{15,06} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot x \cdot 18,43 \cdot x \cdot 0,0006}{390}} \right)$$

$$\rho \text{ perlu} = 0,000046$$

jadi dipakai  $\rho \text{ min} = 0,0036$

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \times b \times dx = 0,0036 \times 14137 \times 1922,5 \\ &= 97842 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$S = \text{As} \cdot (14137 / 97842) = 113,12 \text{ mm}$$

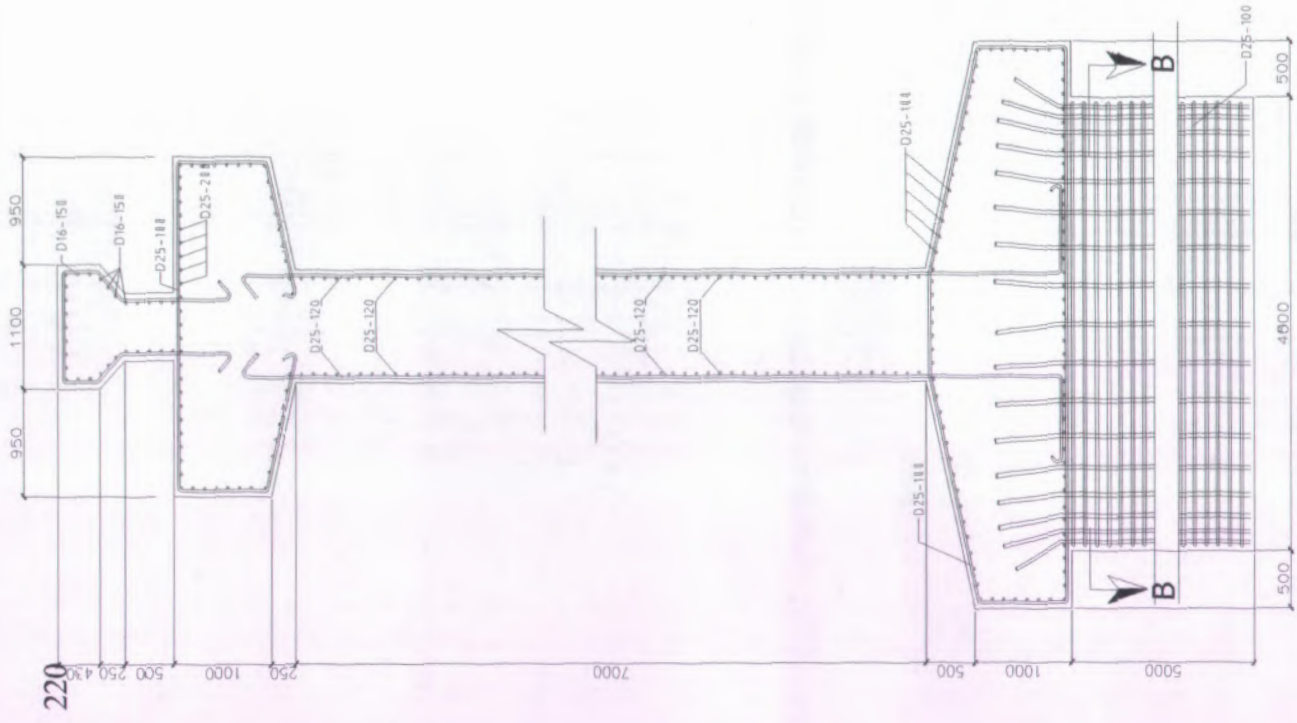
Dipasang D25 - 100

Untuk tulangan memanjang digunakan :

$$\begin{aligned}\text{As perlu} &= \rho \text{ min} \times b \times dx \\ &= 0,0036 \times 5000 \times 1922,5 \\ &= 34605 \text{ mm}^2\end{aligned}$$

$$S = \text{As} (5000 / 34605)$$

Dipasang D25 - 100 mm



Gambar 9.1.8.2. Denah Penulangan Pilar

### 9.1.10 Perhitungan Pelat Injak

Direncanakan :

$$t = 20 \text{ cm} \qquad f_c' = 25 \text{ MPa}$$

$$\text{lebar} = 13 \text{ m} \qquad f_y = 390$$

panjang 2 m

Beban pelat injak adalah beban mati, antara lain :

$$\text{- Berat lapisan aspal} = 2 \times 0,05 \times 22 = 2,2 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Berat tanah urugan} = 2 \times 0,6 \times 1,8 = 2,16 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{- Berat air hujan yang meresap} = 2 \times 0,03 \times 9,8 \\ = 0,588 \text{ kN/m}^2$$

$$\text{Jumlah} = 4,948 \text{ kN/m}^2$$

$$M_u = \frac{1}{10} \cdot (4,948) \cdot 2^2 = 1,98 \text{ kNm}$$

$$R_n = \frac{M_u}{b \cdot d^2 \cdot \phi} = \frac{1980000 \text{ Nmm}}{0,8 \cdot 1000 \cdot 167^2 \text{ mm}^3} = 0,08 \text{ N/mm}^2$$

;

$$m = \frac{f_y}{0,85 \cdot f_c'} = \frac{390}{0,85 \cdot 24,9} = 18,43$$

$\rho$

$$\frac{1}{m} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot m \cdot R_n}{f_y}} \right) =$$

$$\frac{1}{18,43} \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{2 \cdot 18,43 \cdot 0,08}{390}} \right)$$

$$\rho = 0,00002$$

$$\rho_{\min} = 1,4 / f_{sy} = 1,4 / 390 = 0,0036$$

$$\text{maka } A_y = \rho_{\text{perlu}} \cdot b \cdot d = 0,0036 \cdot 1000 \cdot 167 = 601,2 \text{ mm}^2$$

$$S = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot d^2 \right) \cdot \frac{1000}{A_s \text{ perlu}} = \left( \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot 16^2 \right) \cdot \frac{1000}{601,2} = 334 \text{ mm}^2$$

**Dipasang D16 – 200**

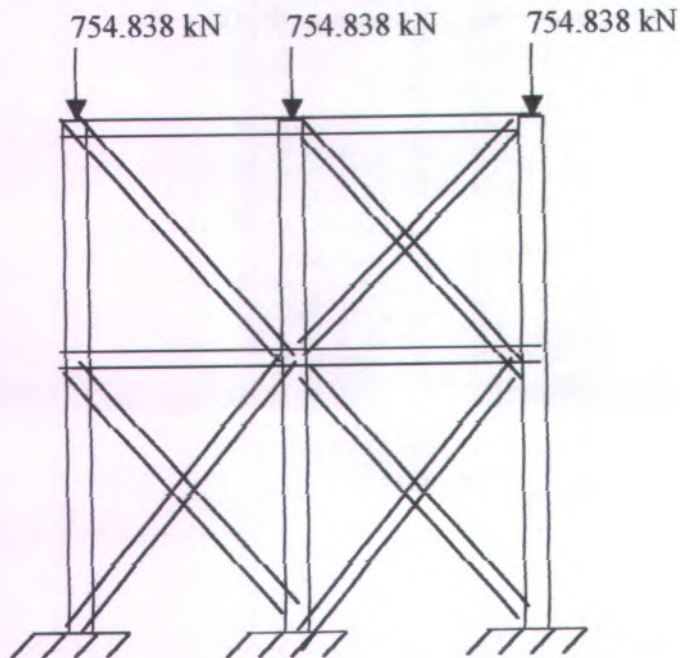


**Perhitungan Pilar Sementara**

Dicanakan terbuat dari 6 buah profil yang terjepit pada pondasi sumuran.

$$\begin{aligned} \text{Beban yang di terima pilar} &= 11 \cdot 411,73 \\ &= 4529,03 \text{ kN} \end{aligned}$$

$$\text{Sehingga beban yang diterima masing - masing profil } P = 4529,03 / 6$$



Gaya Aksial dari profil = 754,838 kN ( tekan )

Direncanakan Profil WF 400 x 400 x 11 x 18

A = 186,8	cm <sup>2</sup>	Baja	BJ 55
q = 147	Kg/m	f <sub>y</sub> =	4100 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>x</sub> =	16,3 cm	f <sub>u</sub> =	5500 Kg/cm <sup>2</sup>
i <sub>y</sub> =	10,1 cm	E =	200000 MPa

$$Lk = 1200 \text{ cm}$$

$$\lambda = \frac{Lk}{iy} = \frac{1200}{10,1} = 118,8 \text{ m}' < \lambda \text{ ijin} = 300 \text{ m}'$$

mutu baja BJ 55 .....Berdasarkan untuk  
LRFD

$$\lambda_c = \frac{\lambda}{\pi} \sqrt{\frac{fy}{E}} = \frac{118,8}{3,14} \sqrt{\frac{410}{2000000}} = 1,71$$

Untuk  $1,2 < \lambda_c$  maka

$$\begin{aligned} \omega &= 1,25 \cdot \lambda_c^2 \\ &= 1,25 \cdot (1,71)^2 \\ &= 3,67 \end{aligned}$$

$$P_n = A_g \cdot fy / \omega = 186,8 \cdot 4100 / 3,67 = 208686 \text{ kg} = 2086,86 \text{ kN}$$

$$P_u \leq 0,85 \cdot P_n$$

$$754,838 \text{ kN} \leq 1773 \text{ kN} \quad \text{.....OK!!!}$$

## **BAB X**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **10.1 KESIMPULAN**

- Tinggi kendaraan yang melewati jembatan rangka baja terbuka tidak terbatas, dibandingkan dengan jembatan rangka baja tertutup yang mempunyai ketinggian maksimum untuk kendaraan yang melewatinya.
- Pembagian bentang menjadi dua, dapat memperlancar aliran sungai
- Batang – batang struktur rangka yang belum terpasang dapat digunakan dulu sebagai pemberat pada pelaksanaan pekerjaan untuk bentang lainnya.
- Untuk jembatan dengan bentang 80 m membutuhkan bantuan pilar sementara sebagai penyangga dalam pelaksanaan tetapi pemasangannya tetap dari satu arah.
- Jembatan bentang 40 m dipasang dari satu arah tanpa bantuan pilar sementara.

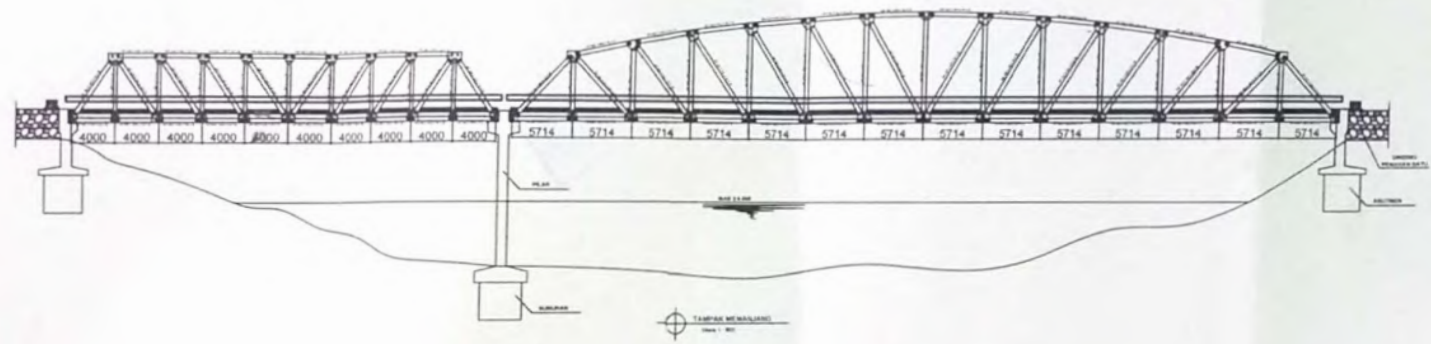
#### **10.2 SARAN**


- Untuk dapat mengetahui efisiensi penggunaan jembatan rangka baja, maka perlu dilakukan studi banding antara penggunaan jembatan rangka baja dengan jembatan dari material lain.
- Sebaiknya dilakukan perhitungan anggaran biaya untuk memperoleh bentang ekonomis
- Konstruksi pemberat sebaiknya diambil dari bentang lain

## DAFTAR PUSTAKA

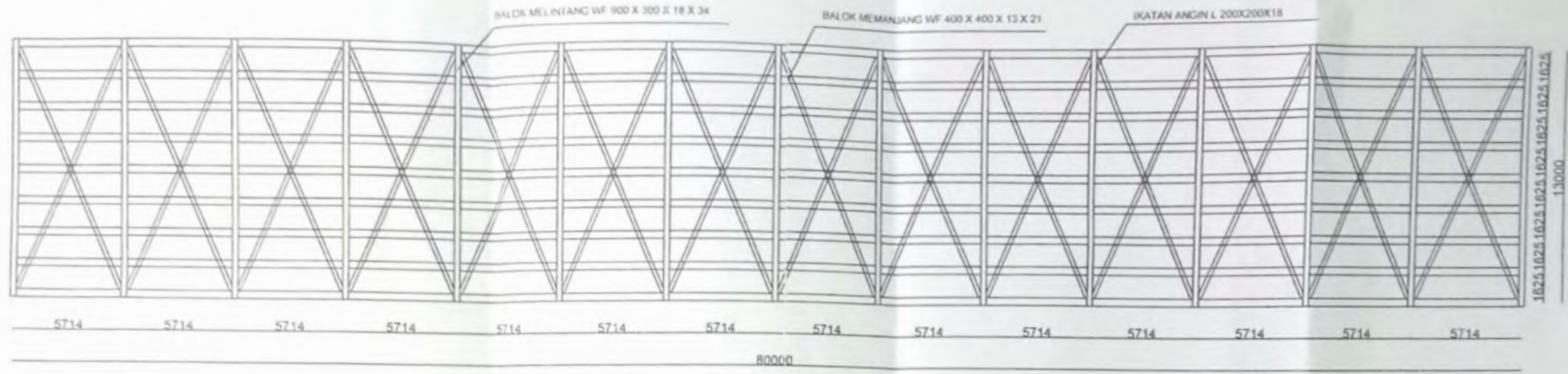
1. 1992. **Peraturan Perencanaan Teknik Jembatan BMS:**  
Dinas Pekerjaan Umum Direktorat Jenderal Bina Marga.
2. Charles, G, Salmon dan John E. Johnson. 1996, **Struktur Baja Desain dan Perilaku.**
3. **Joseph E. Bowles.**1988. **Analisa dan Desain Pondasi.**
4. Noor Endah dan Indrasurya B. Mochtar.1994. **Mekanika Tanah.** Surabaya: Institut Teknologi Sepuluh Nopember
5. Ir. Rudy Gunawan.1988.**Tabel Profil Konstruksi Baja.**
6. 2000, **Perencanaan Struktur Baja untuk Bangunan Gedung Menggunakan Metode LRFD:**Bandung, Institut Teknologi Bandung
7. Ir. H.J. Struyk, Prof Ir. K.H.C. Vader Veen dan Soemargono 1990. **Jembatan.**

No	Uraian	Material		Keterangan
		Berilang 20 m	Berilang 20 m	
1	Gambar Struktur	WF 400x400x20x35	WF 400x400x5x70	
		WF 400x400x18x28	WF 400x400x30x50	
		WF 400x400x16x24	WF 400x400x20x39	
		WF 400x400x21x	WF 400x400x11x10	



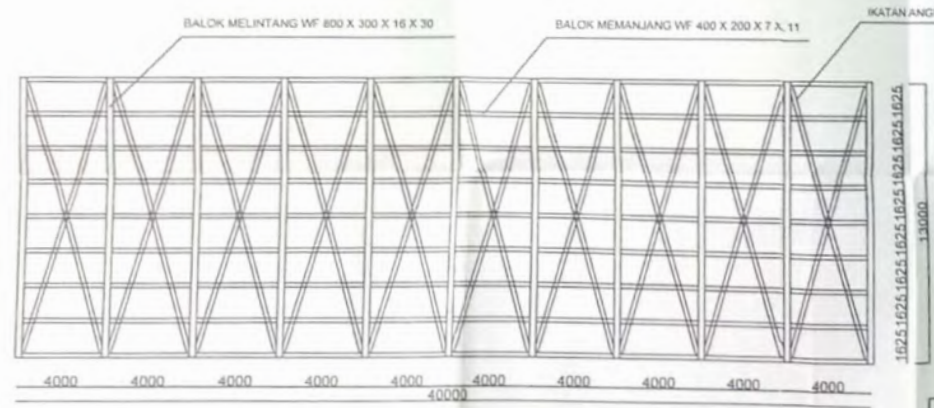
TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA			
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR
ANNAS MURSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			
 JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				KETERANGAN :	

No.	Uraian	Material		Keterangan
		bertiang 40 m	bertiang 80 m	
1	Gambar Struktur	WF 400x400x20x35	WF 400x400x5x70	
		WF 400x400x18x28	WF 400x400x30x50	
		WF 400x400x16x24	WF 400x400x20x39	
		WF 400x400x9x14	WF 400x400x11x18	
1	Ikatan Angin	L 200X200X18	L 200X200X18	



**DENAH BALOK MEMANJANG DAN BALOK MELINTANG  
UNTUK JEMBATAN DENGAN BENTANG 80 M**

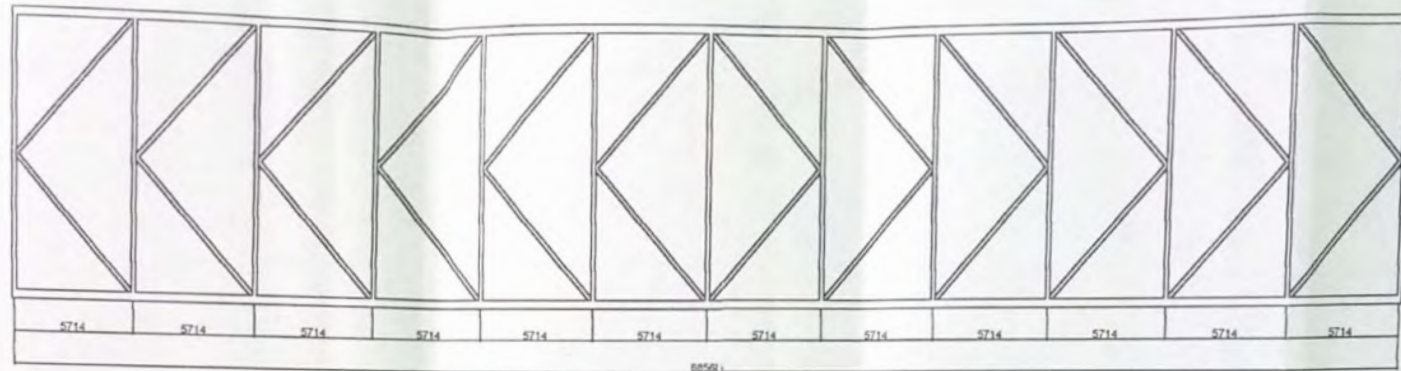
Skala 1 : 250





**DENAH BALOK MEMANJANG DAN BALOK MELINTANG  
UNTUK JEMBATAN DENGAN BENTANG 40 M**

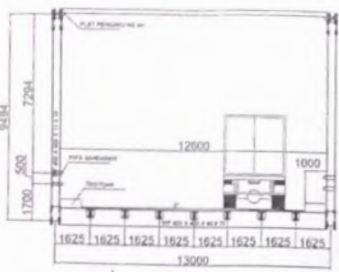
Skala 1 : 250

<b>TUGAS AKHIR</b>		MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA			
MAHASISWA ANNAS MUKSON	N.R.P. 3104 109 621	DOSEN PEMBIMBING DJOKO IRAWAN, IR. MS	N.I.P.	TANGGAL	LBR 3ML
<b>JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA</b>			KETERANGAN :		
			<small># 200000017004-0001</small>		

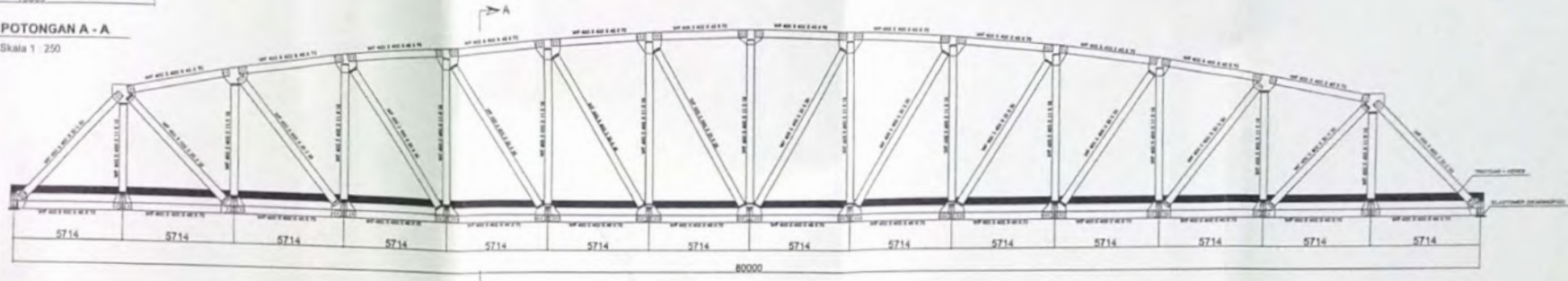



**DENAH IKATAN ANGIN BAGIAN ATAS**  
**UNTUK BENTANG 80 M**  
 Skala 1 : 250

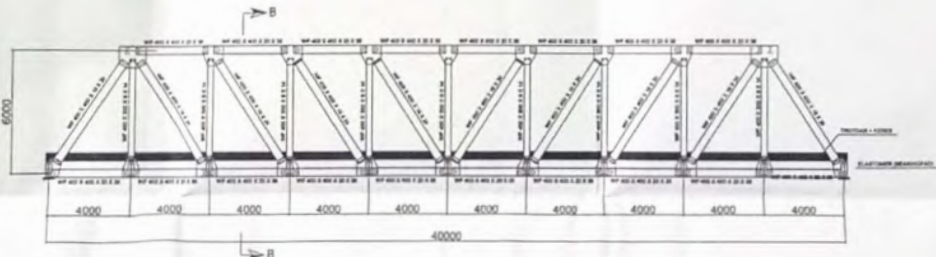
TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA					
MAHASISWA	N.R.P :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P :	TANGGAL	LBR	JML	KETERANGAN :
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS					
 JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA							



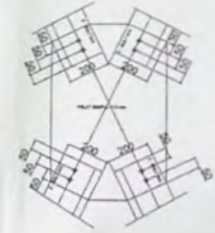
POTONGAN A - A  
Skala 1 : 250



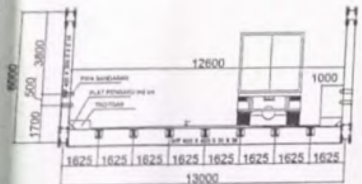
STRUKTUR BENTANG 80 M  
Skala 1 : 250



STRUKTUR BENTANG 40 M  
Skala 1 : 250



SAMBUNGAN PERTEMUAN IKATAN ANGIN L 200.200.18  
Skala 1 : 10



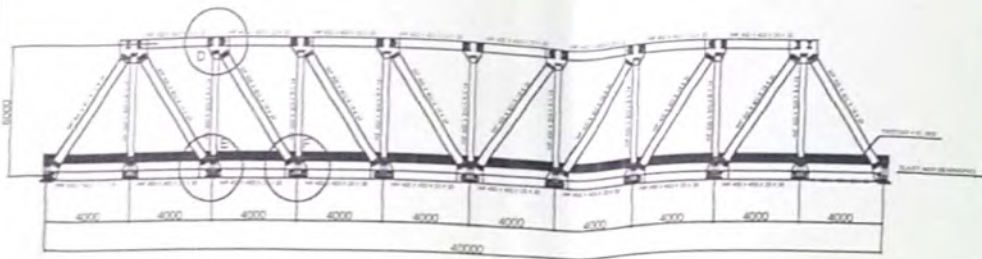
POTONGAN B - B  
Skala 1 : 250

No.	Uraian	Material		Keterangan
		Bentang 40 m	Bentang 80 m	
1	Gambar Struktur	WF 400x400x20x35	WF 400x400x15x70	
2		WF 400x400x18x28	WF 400x400x30x50	
		WF 400x400x16x24	WF 400x400x20x39	
		WF 400x400x9x14	WF 400x400x11x18	

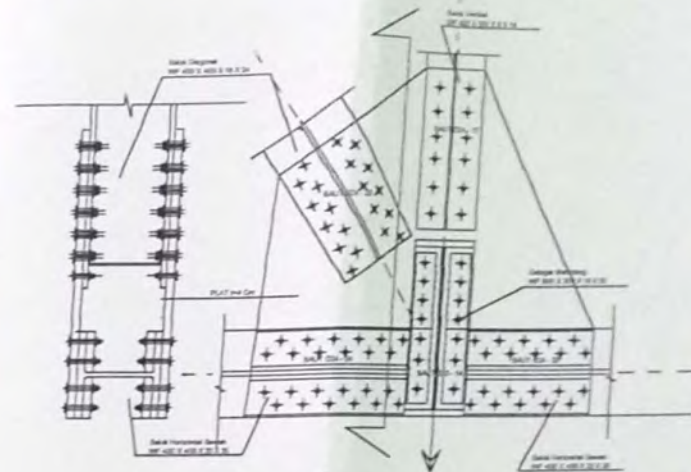
TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA			
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			KETERANGAN :		
			<small>*Keterangan Tugas Akhir</small>		



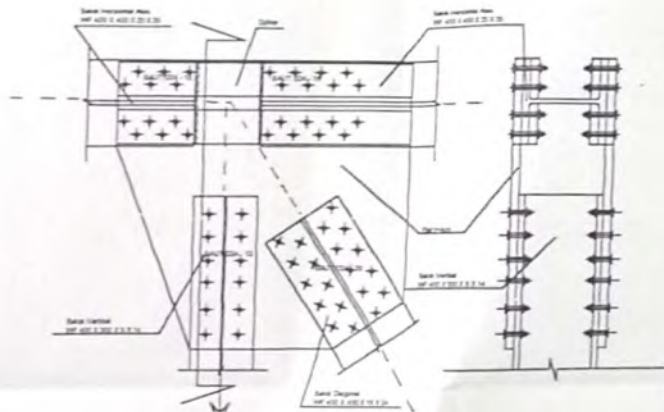




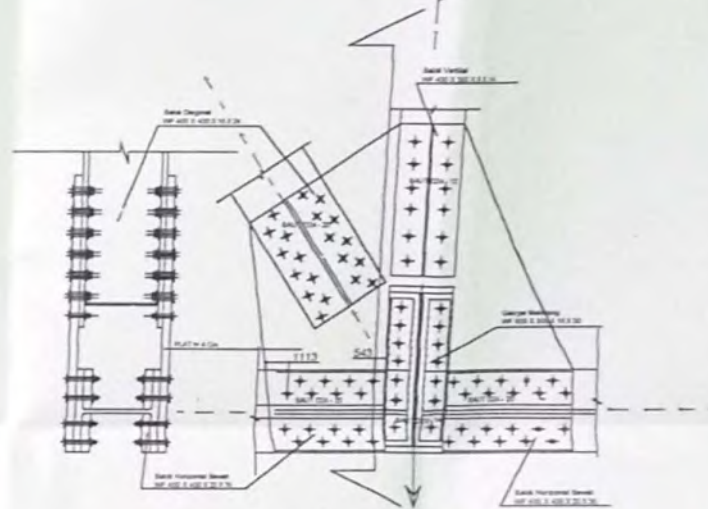
STRUKTUR BENTANG 40 M  
Skala 1 : 250



SAMBUNGAN E  
Skala 1 : 10




SAMBUNGAN D  
Skala 1 : 10

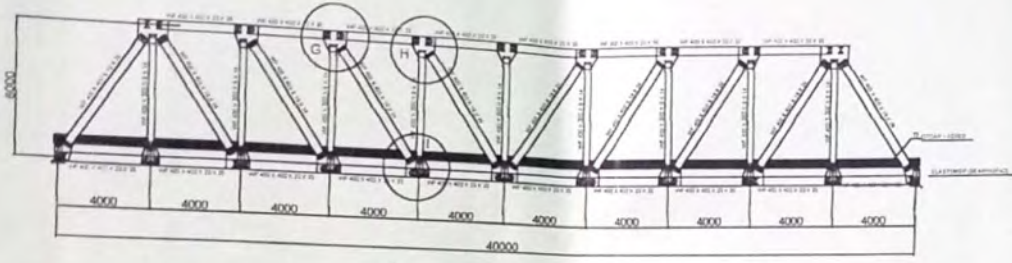


SAMBUNGAN F  
Skala 1 : 10

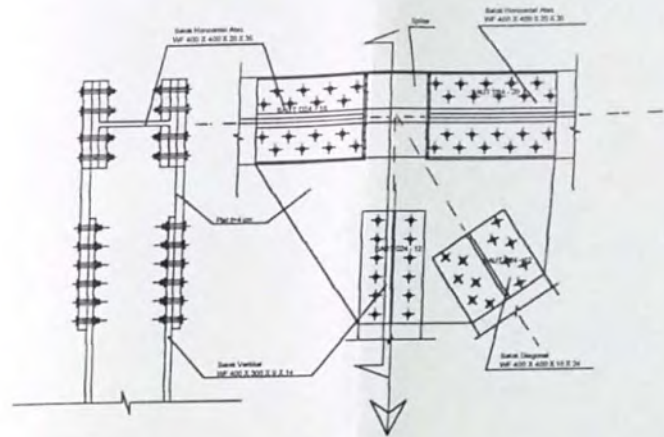
TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA					
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR	JME
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS				


**JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS**  
**FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN**  
**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**  
**SURABAYA**

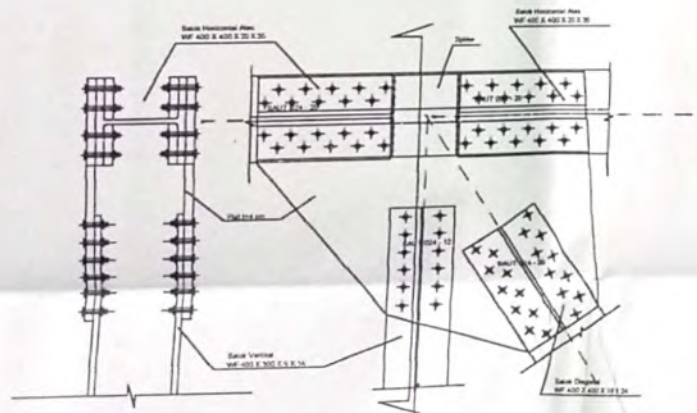
KETERANGAN :



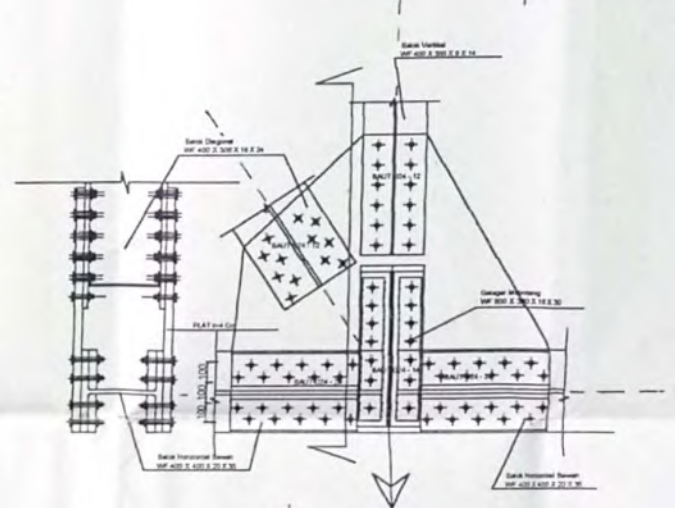
STRUKTUR BENTANG 40 M  
Skala 1 : 250



SAMBUNGAN G  
Skala 1 : 10

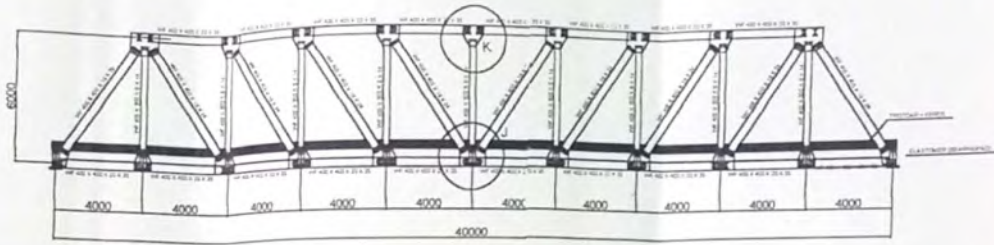


SAMBUNGAN H  
Skala 1 : 10

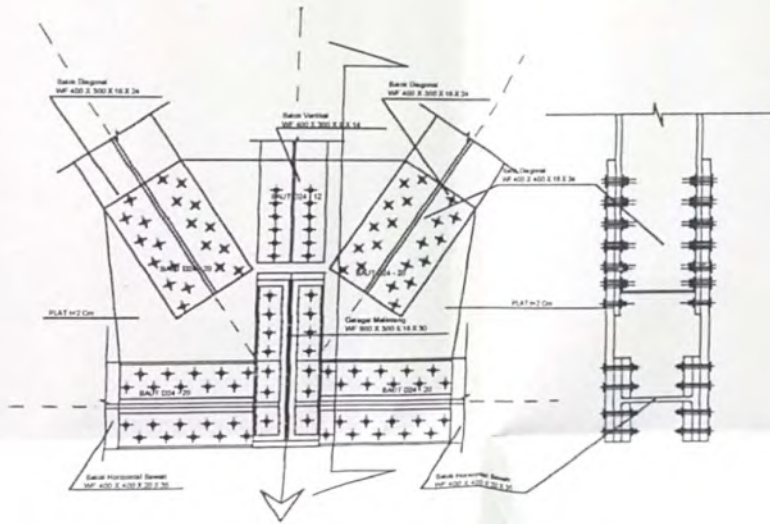


SAMBUNGAN I  
Skala 1 : 10

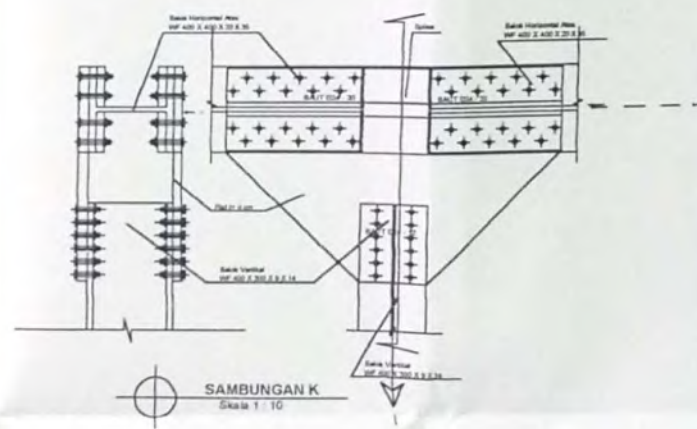
TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA			
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				KETERANGAN :	




STRUKTUR BENTANG 40 M  
Skala 1 : 250

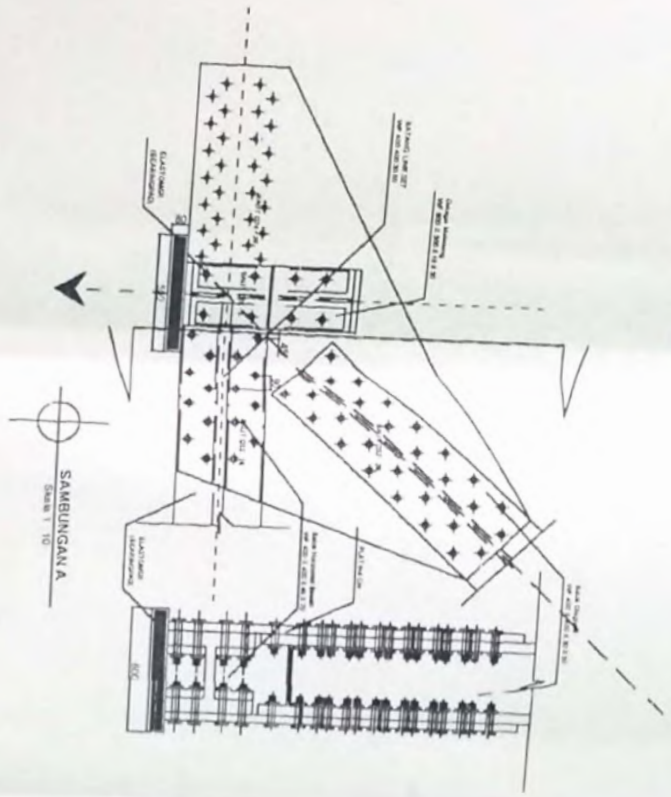


SAMBUNGAN J  
Skala 1 : 10

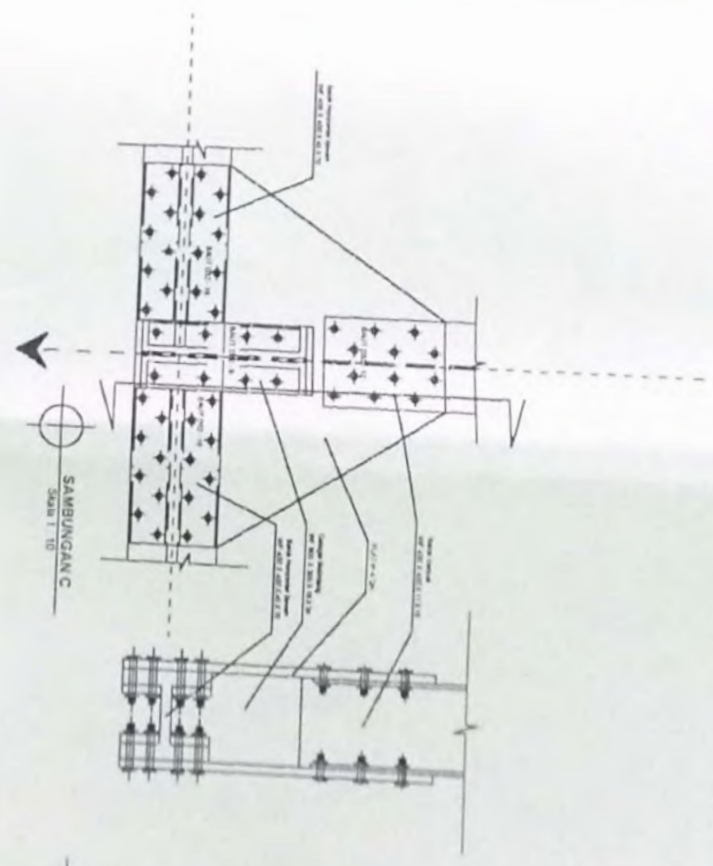


SAMBUNGAN K  
Skala 1 : 10

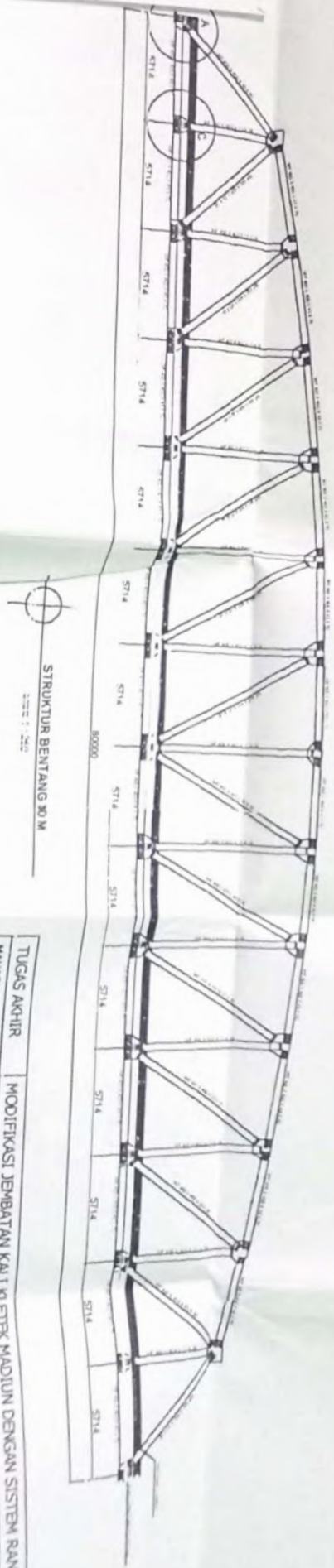
TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA BAJA				
MAHASISWA : ANNAS MUKSON	N.R.P : 3104 109 621	DOSEN PEMBIMBING : DJOKO IRAWAN, IR, MS	N.I.P :	TANGGAL	LEB JML
 JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			KETERANGAN :  <small>© 2010 Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>		



SAMBUNGAN A  
Skala 1 : 10



SAMBUNGAN C  
Skala 1 : 10



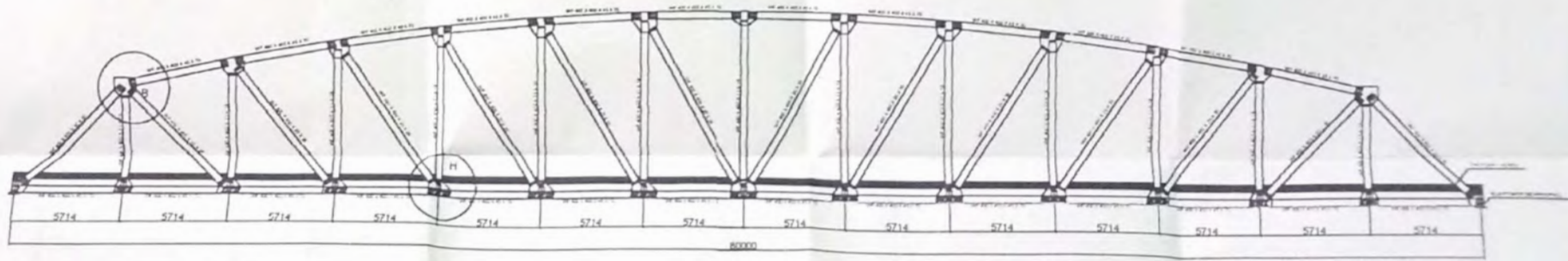
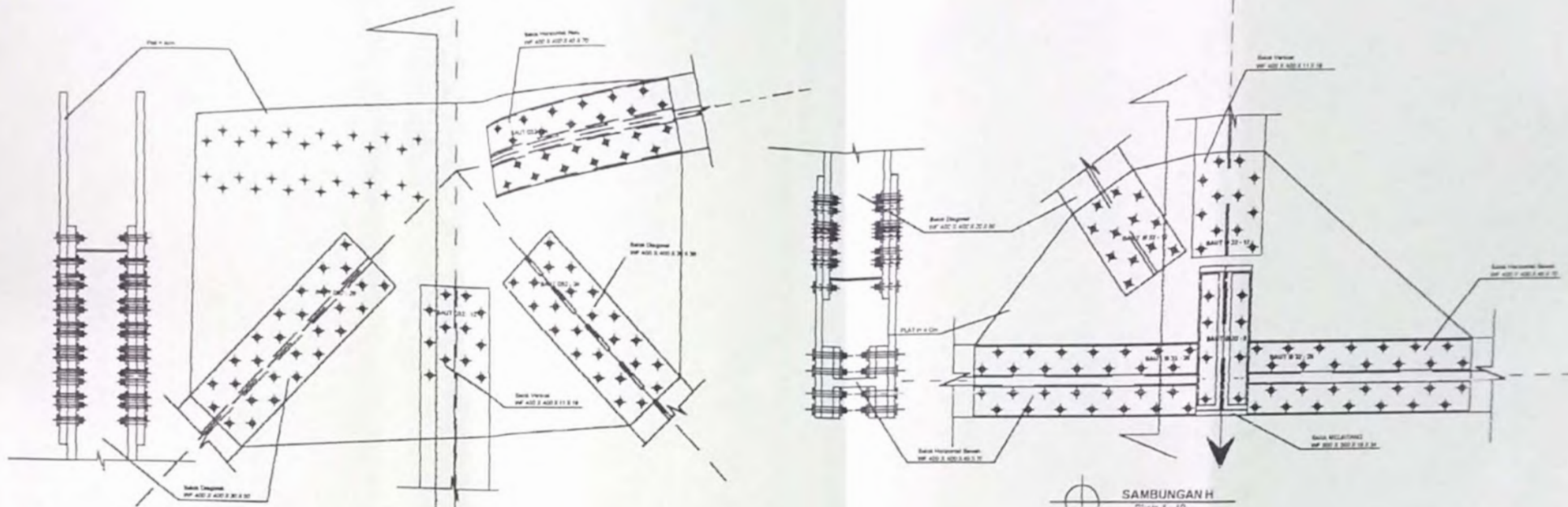
STRUKTUR BENTANG 30 M  
Skala 1 : 200

TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KAJI KELEK MADUIN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA			
MAHASISWA :	N. R. P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N. L. P. :	TANGGAL :
ANINDA MAJISON	3104 109 621	DIANO JAWAN, IR. MS		


JURUSAN TEKNIK SIPIL TTS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

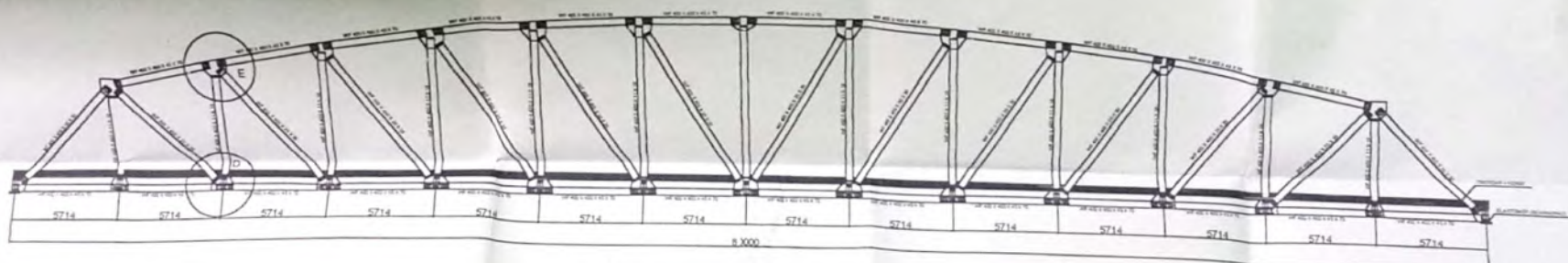
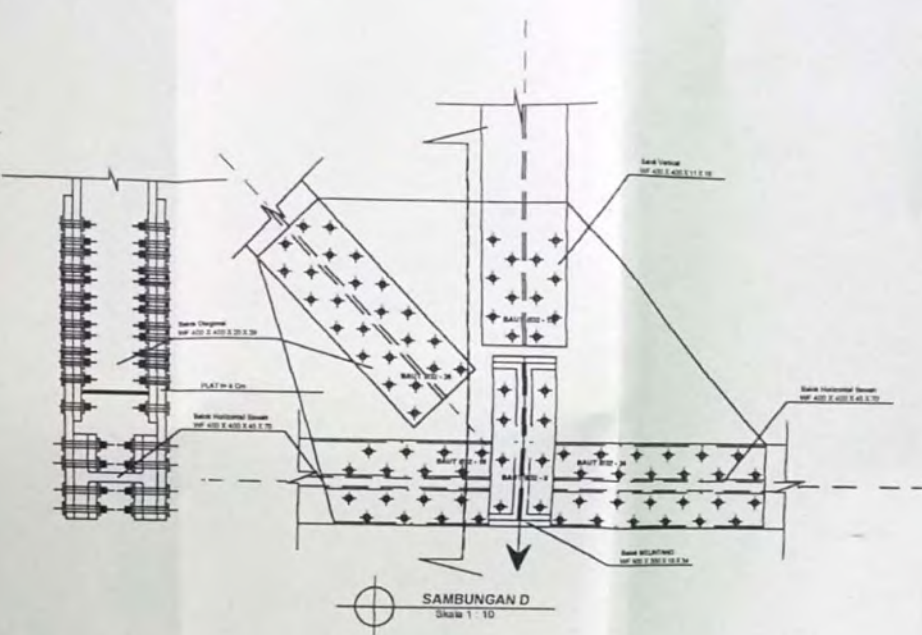
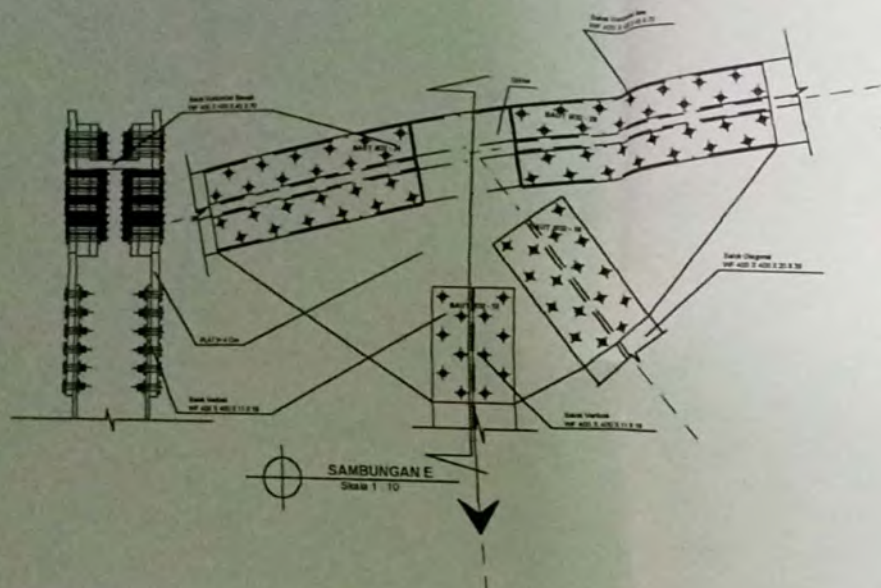
KETERANGAN :

LIBR	JML



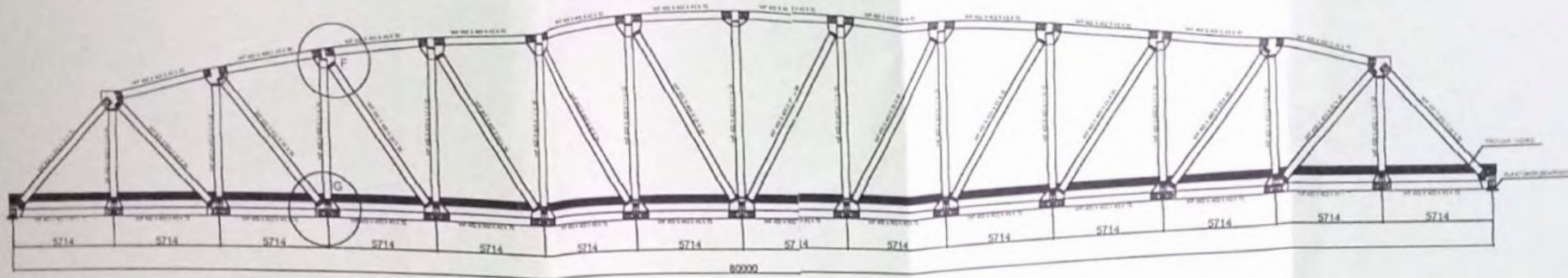
STRUKTUR BENTANG 80 M  
Skala 1 : 250

TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBRAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA				
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR	JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DIJOKO IRAWAN, IR, MS				
 JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				KETERANGAN :		

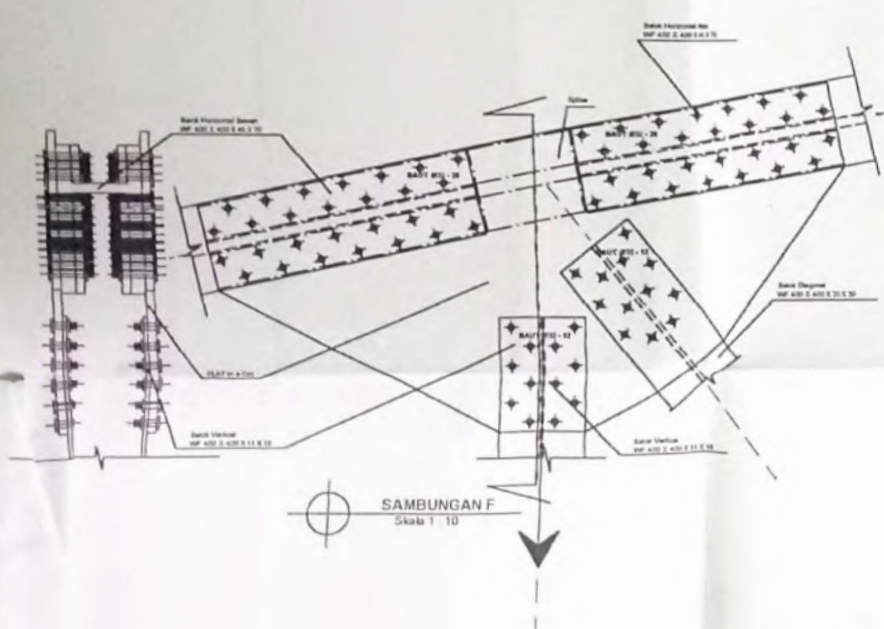


STRUKTUR BENTANG 80 M  
Skala 1:250

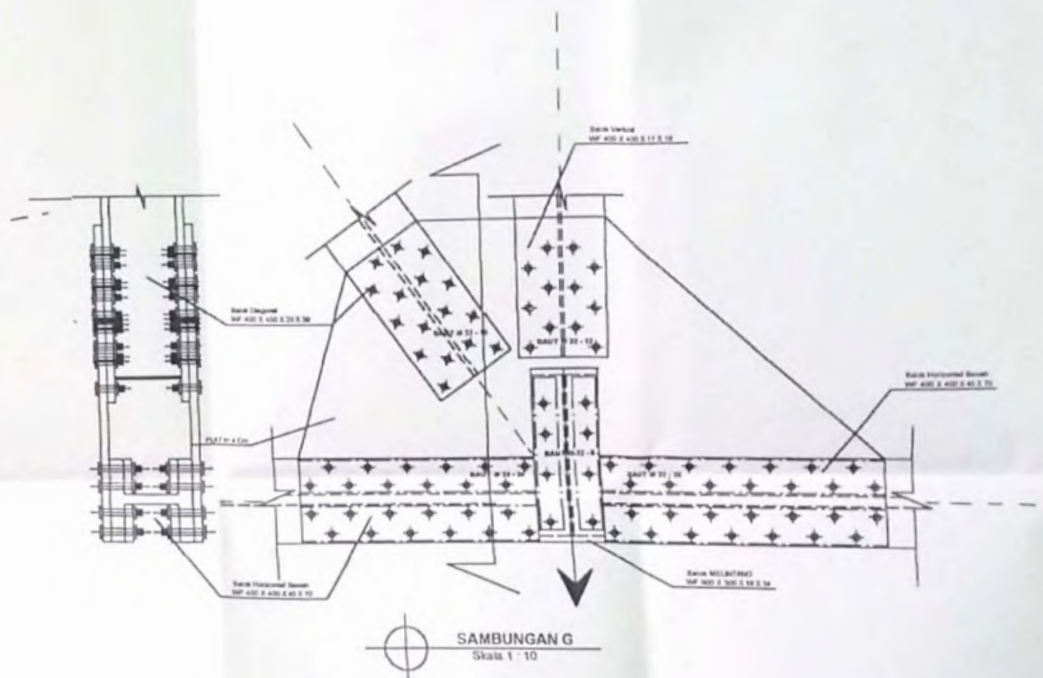
TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA				
MAHASISWA :	N.R.P :	DOSEN PEMBIMBING	N.I.P :	TANGGAL	LBR
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			JML
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				KETERANGAN :	



STRUKTUR BENTANG 80 M  
Skala 1 : 250



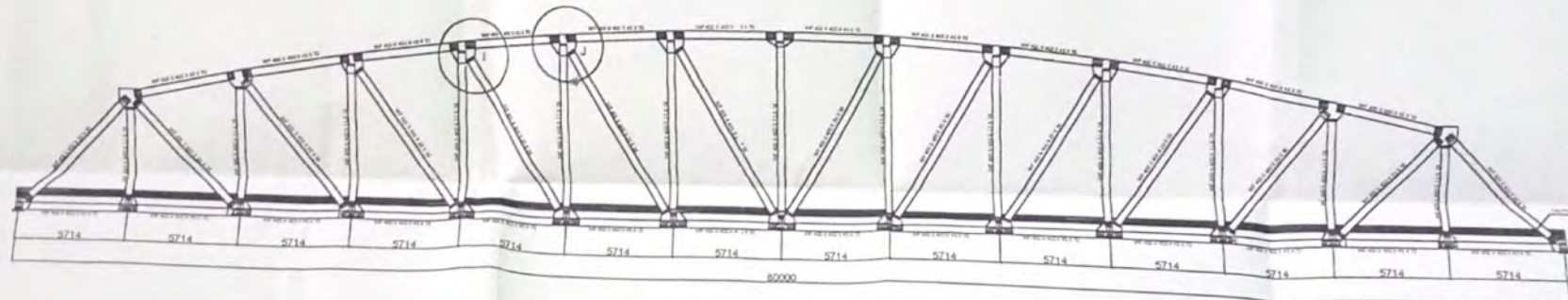
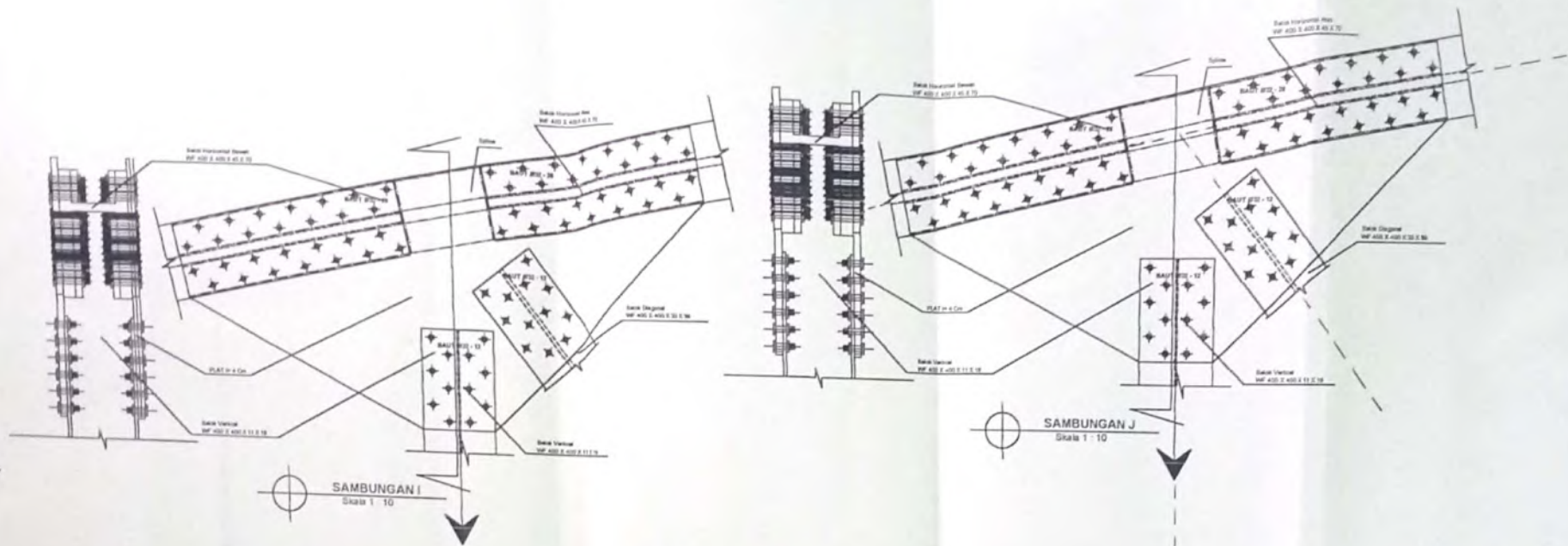
SAMBUNGAN F  
Skala 1 : 10



SAMBUNGAN G  
Skala 1 : 10

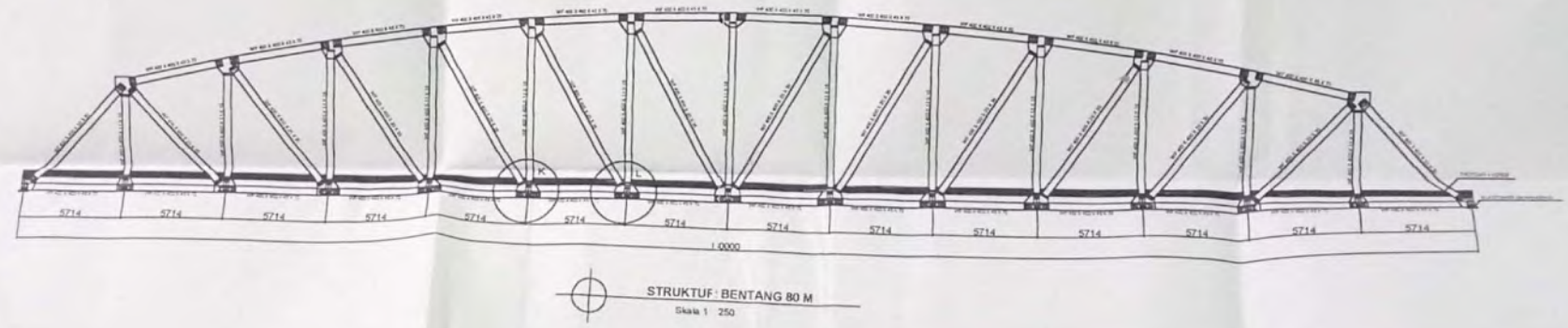
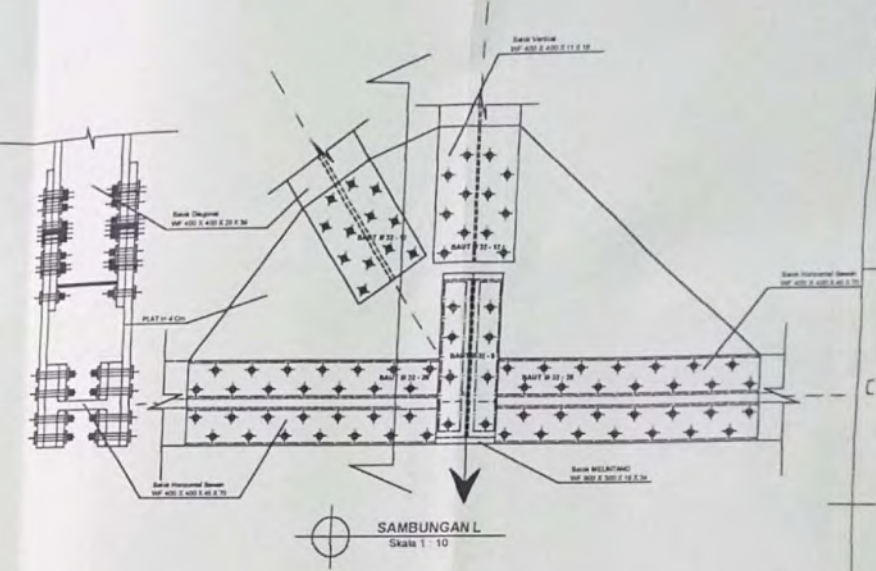
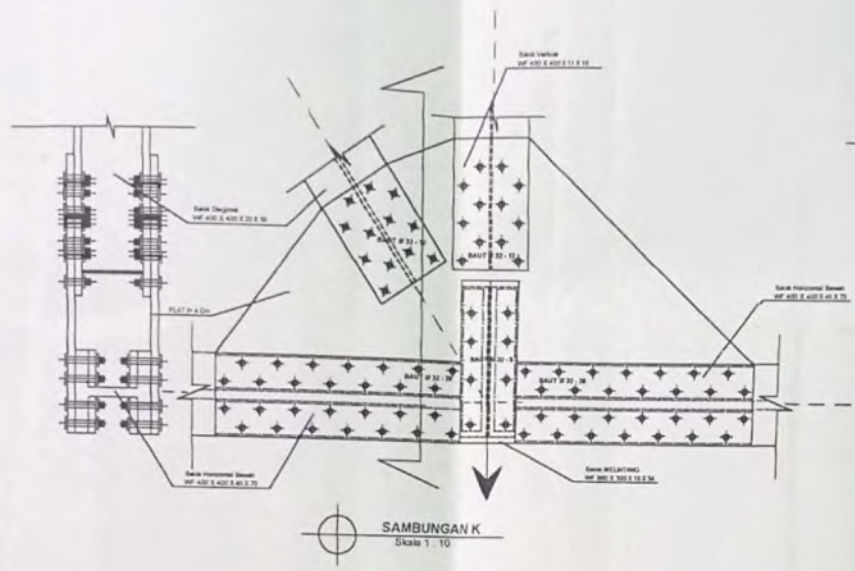
TUGAS AKHIR						MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA							
MAHASISWA :		N.R.P :		DOSEN PEMBIMBING :		N.L.P :		TANGGAL		LBR		JML	
ANNAS MUKSON		3104 109 621		DJOKO IRAWAN, IR. MS									
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA										KETERANGAN :			
										<small>© 2000 Institut Teknologi Sepuluh Nopember</small>			



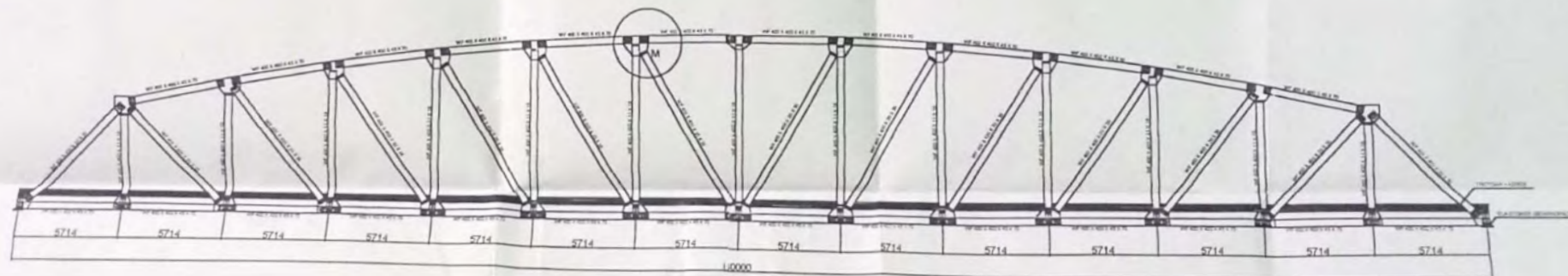
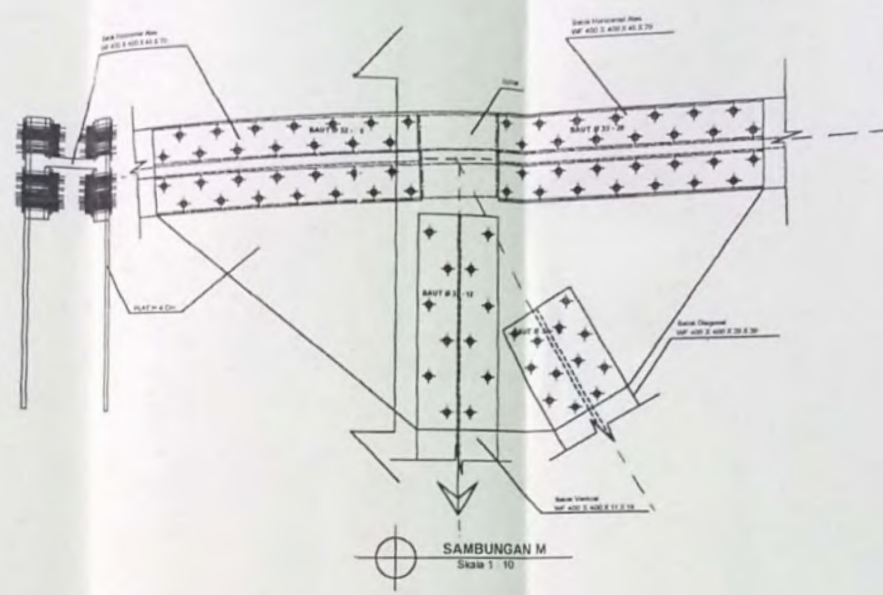


STRUKTUR BENTANG 80 M  
Skala 1 : 250

TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA			
MAHASISWA :	N.R.P :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P :	TANGGAL	JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			KETERANGAN :		
			(Blank space for notes)		



TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA			
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P. :	TANGGAL	LBR JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS			
JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA				KETERANGAN :	

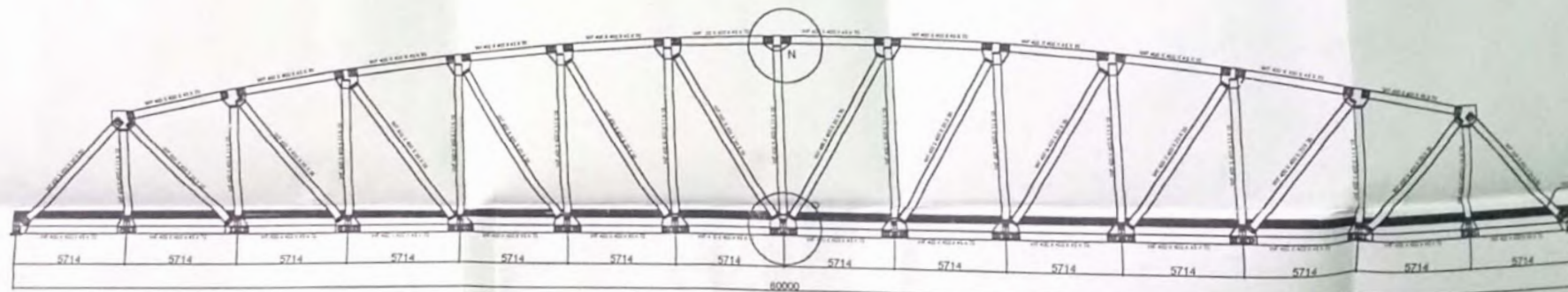
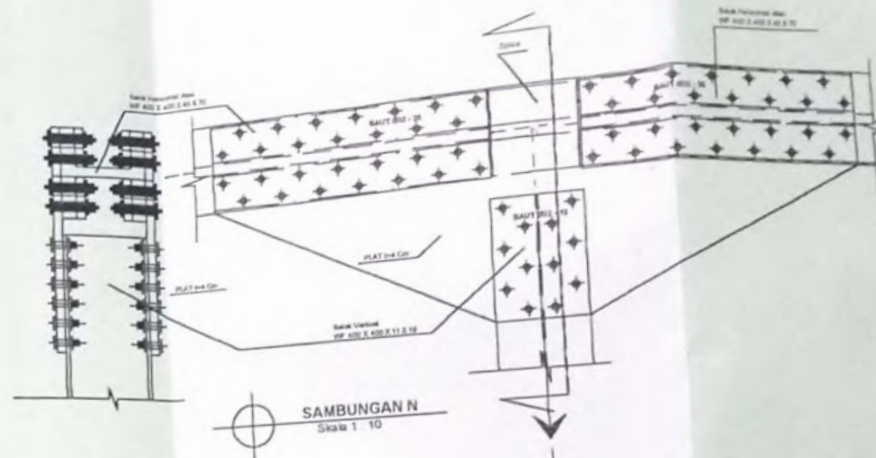
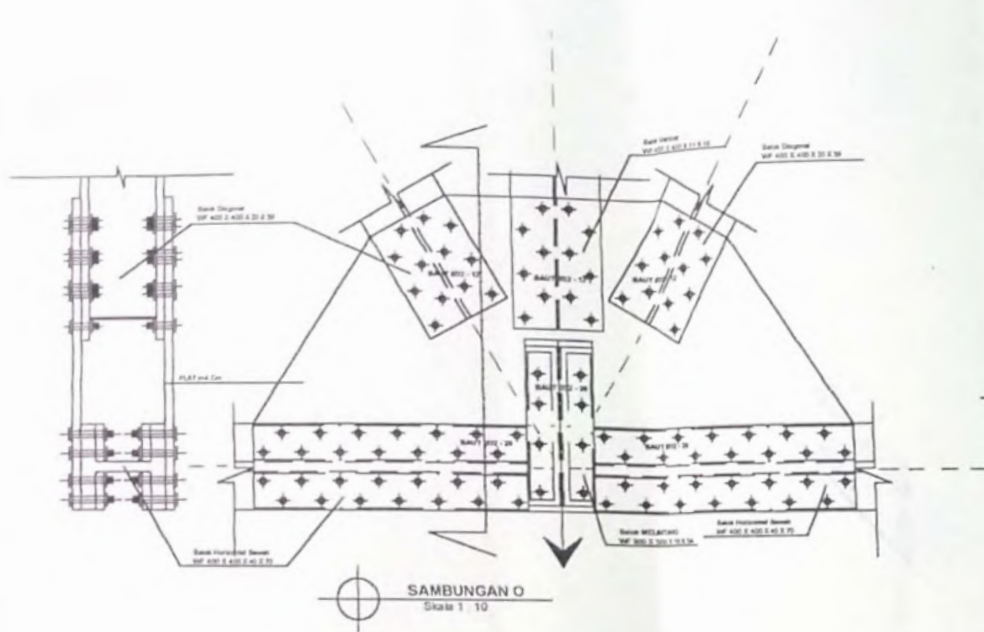



TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA					
MAHASISWA :	N.R.P :	DOSEN PEMBIMBING :	N.I.P :	TANGGAL	LBR	JML
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR. MS				

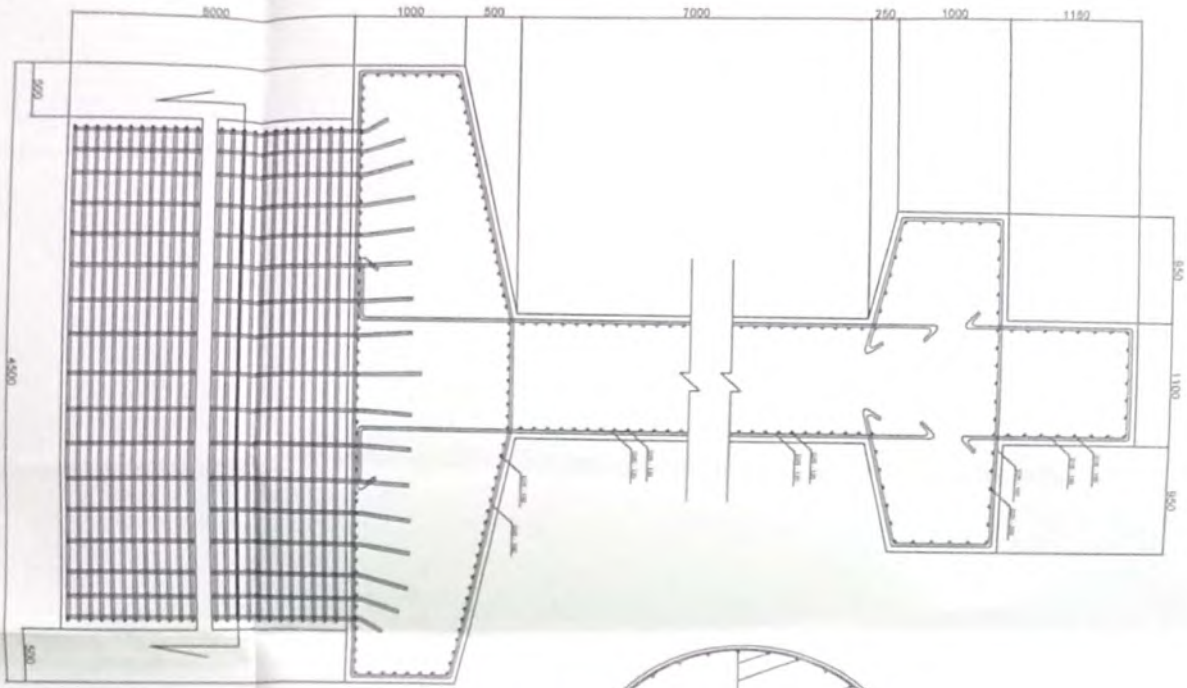


JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

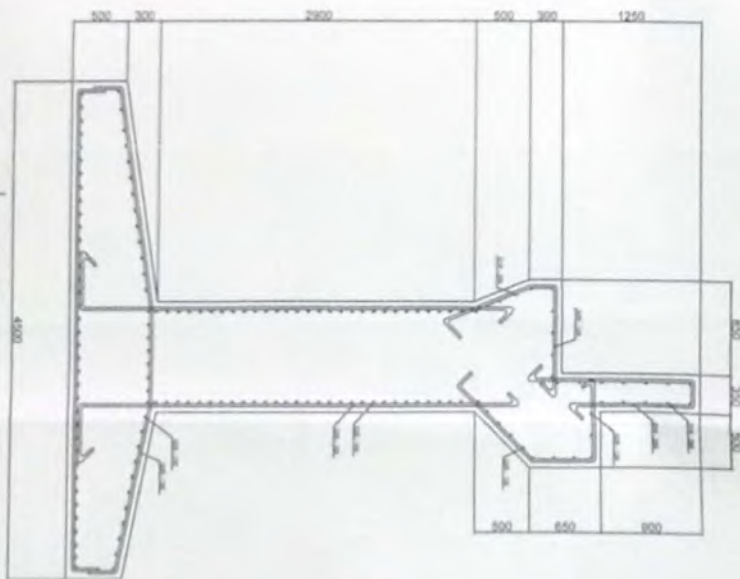
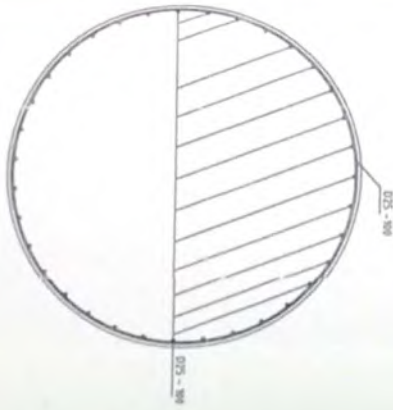
KETERANGAN :



TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JEMBATAN KALI KLETEK MADIUN DENGAN SISTEM RANGKA BAJA TERBUKA		
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	TANGGAL :
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO IRAWAN, IR, MS	LIBR. JML
 JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER SURABAYA			
KETERANGAN :			



POTONGAN A-A  
SKALA 1 : 20



PILU ANGGAN ABUTMENT  
SKALA 1 : 20



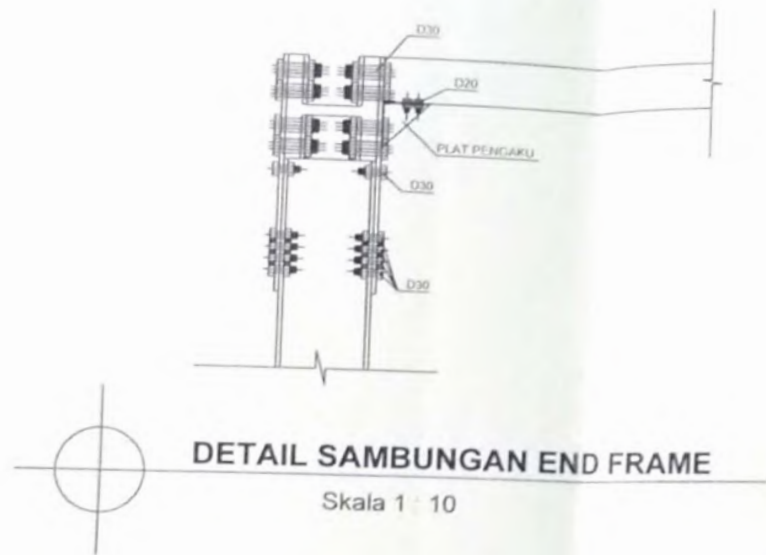
PENULANGAN PILAR TENGAH

SKALA 1 : 20

TUGAS AKHIR	MODIFIKASI JENBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKAI BAJA	KELOMPOK :	
MAHASISWA :	N.R.P. :	DOSEN PEMBIMBING :	N.L.P. :
ANNAS HURSONI	3104 109 621	DINDO IRWAN, I.E. MS	TANGGAL :
			LEBI :
			2024 :
			2024 :

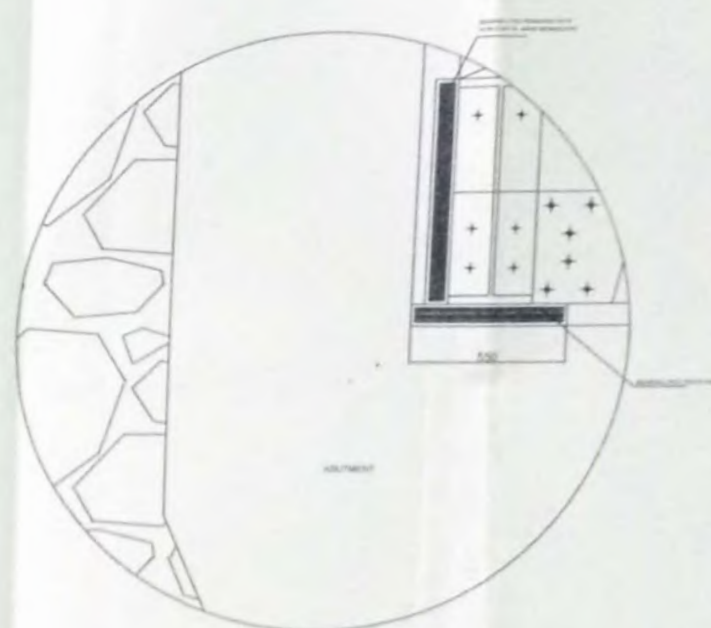


JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER



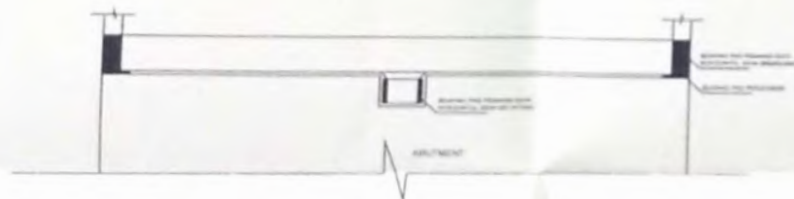
**DETAIL SAMBUNGAN END FRAME**

Skala 1 : 10




**DETAIL POSISI BEARING PAD**

Skala 1 : 20



**DETAIL POSISI BEARING PAD**

Skala 1 : 50

TUGAS AKHIR		MODIFIKASI JEMBATAN KALI BAREK KABUPATEN MALANG DENGAN SISTEM RANGKA B...			
MAHASISWA	N.R.P.	DOSEN PEMBIMBING :	N.L.P.	TANGGAL	LEBI
ANNAS MUKSON	3104 109 621	DJOKO BRAWAN, SR. MS			
 <b>JURUSAN TEKNIK SIPIL ITS</b> <b>FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN</b> <b>INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER</b> <b>SURABAYA</b>				KETERANGAN	



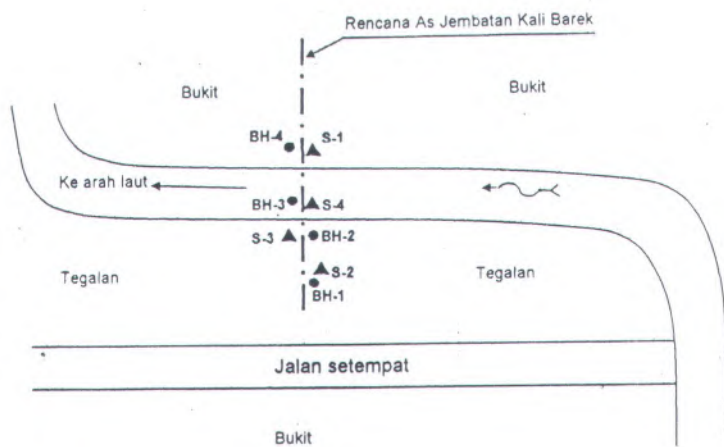
KETERANGAN :

- ===== JALAN NASIONAL
- ===== JALAN PROPINSI
- ===== JALAN KABUPATEN
- - - - - TRASE JALAN LINTAS SELATAN
- - - - - BATAS KABUPATEN
- IBUKOTA KABUPATEN
- KOTA - KOTA LAJIN



LOKASI  
RENCANA JEMBATAN  
KALIBAREK

LETAK TITIK - TITIK PENYELIDIKAN TANAH  
Jembatan Kali Berek



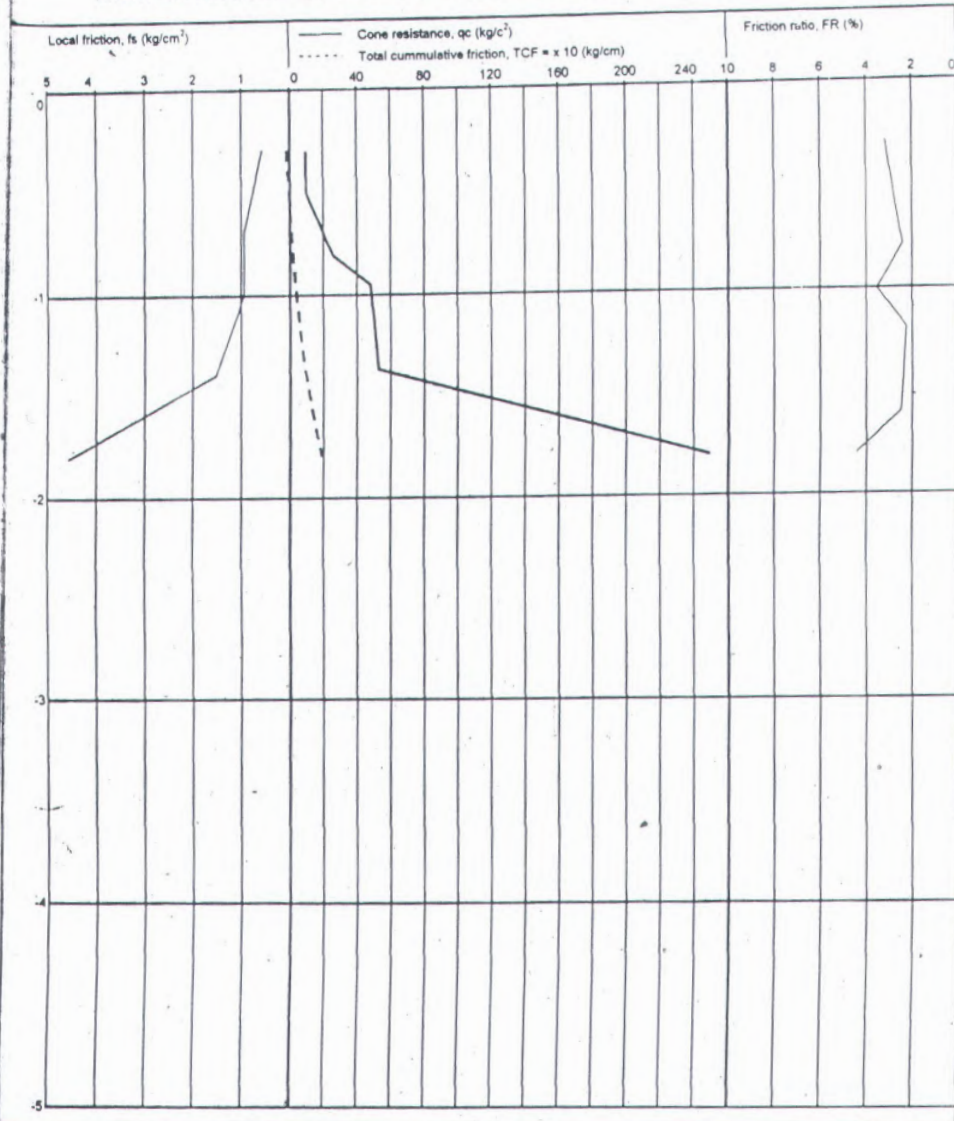
Keterangan :  
● = Titik Boring  
▲ = Titik Sondir





TESTANA ENGINEERING, INC.  
Soil Testings & Research Administration.

A.D.C.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)

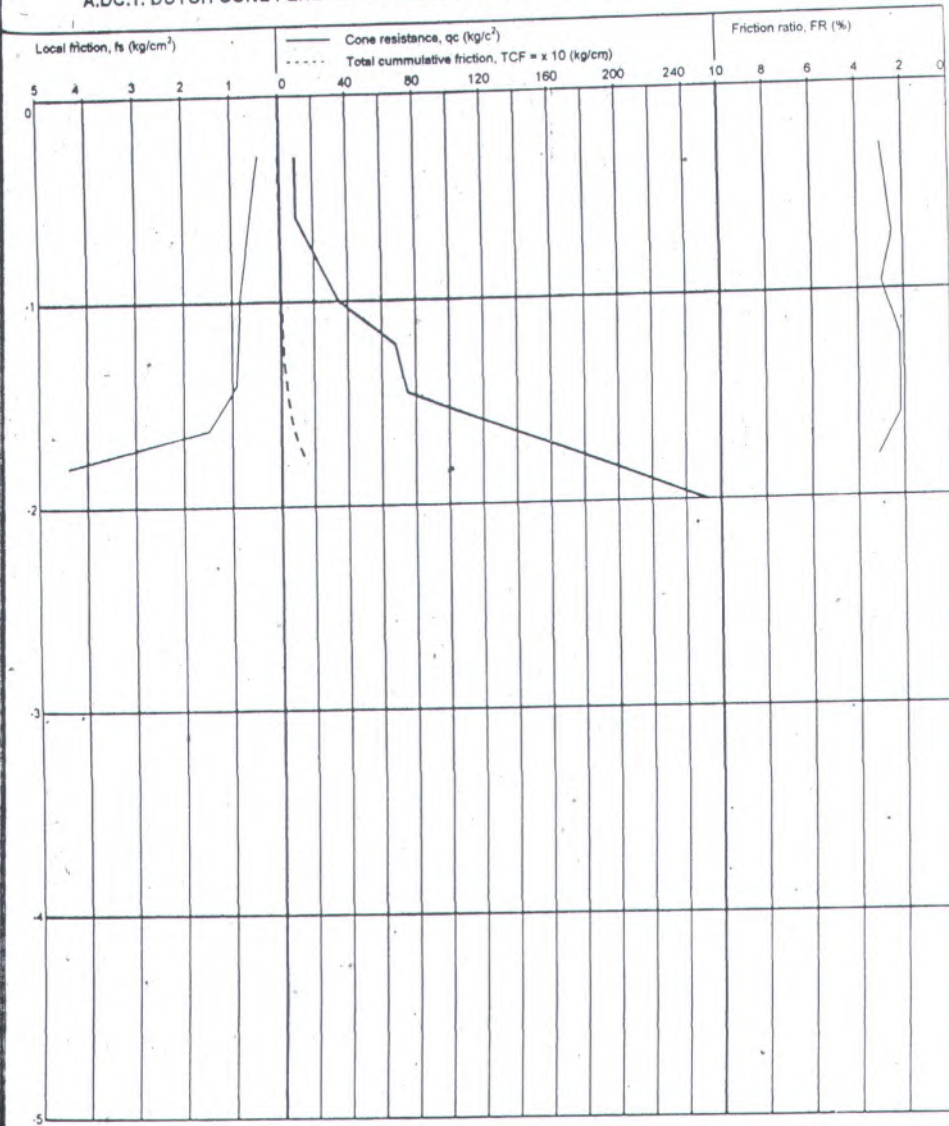


Maximum depth	: -1.80	m	Project	: Jembatan Kali Berek	Sta/CH	: -
Ground Surface Level	: $\pm 0.00$	m	Location	: Malang Setatan	Sounding No	: S-4
Ground Water Level	: Unrecorded				Date of test	: -



TESTANA ENGINEERING, INC.  
Soil Testings & Research Administration.

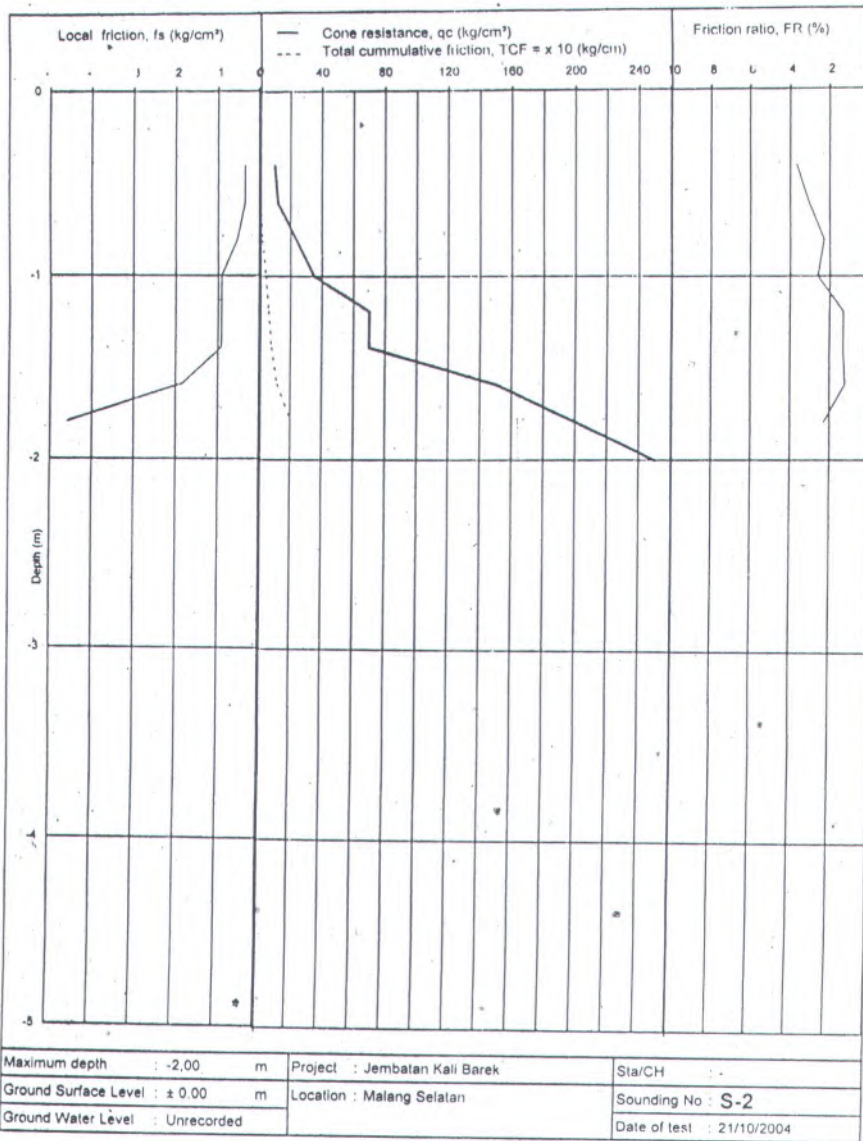
A.DC.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST ( ASTM D-3441)



Maximum depth	-2.00	m	Project	: Jembatan Kali Berek	Sta/CH
Ground Surface Level	-0.00	m	Location	: Malang Selatan	Sounding No : S-3
Ground Water Level	Unrecorded				Date of test

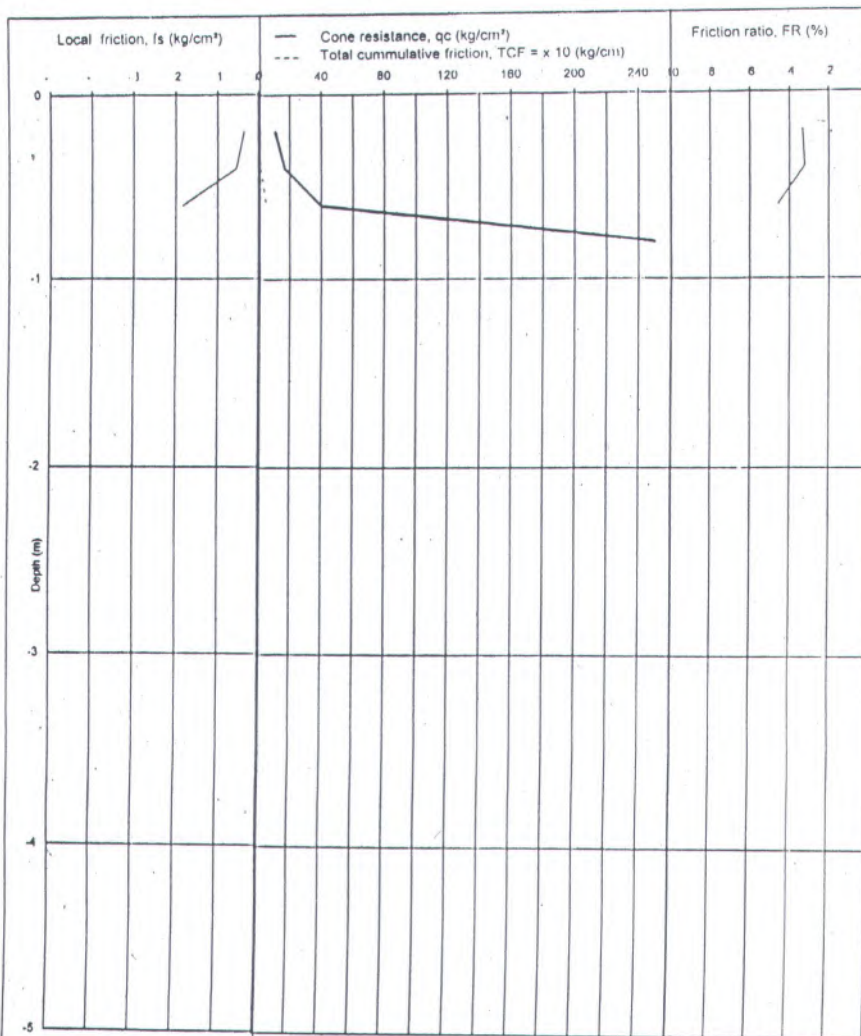


A.DC.2. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)





A.DC.1. DUTCH CONE PENETROMETER TEST (ASTM D-3441)



Maximum depth : - 0.80 m	Project : Jembatan Kali Berek	Sta/CH : -
Ground Surface Level : ± 0.00 m	Location : Malang Selatan	Sounding No : S-1
Ground Water Level : Unrecorded		Date of test : 21/10/2004

## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil - hasil investigasi dan evaluasi geoteknik, maka dapat disimpulkan bahwa pada kedua abutment rencana jembatan sebaiknya mempergunakan sistem pondasi sumuran dari beton bertulang, yang dimasukkan kedalam tanah sampai kedalaman - 5.00.

Selanjutnya kontrol perhitungan pondasi sumuran akan disajikan dalam laporan perencanaan jembatan (Final Design).



Penulis dilahirkan di Kediri, 16 Mei 1983, merupakan anak kedua dari 2 bersaudara. Penulis telah menempuh pendidikan formal di TK Dharma Wanita Blimbing, Kediri, SDN Blimbing 2 Kediri, SLTPN Gurah 1 Kediri, SMUN 3 Kediri dan D3 Teknik Sipil ITS Surabaya. Setelah Lulus D3 tahun 2004, Penulis mengikuti tes dan diterima di Jurusan Teknik Sipil S-1 Lintas Jalur, FTSP-ITS dan terdaftar dengan NRP. 3104 109 621.

Tahun 2004/2005 Penulis aktif dalam TOI (Tim Observasi Independen) pada Dinas Bina Pembangunan Pemerintah Kota Surabaya, untuk proyek Pemkot yang dibiayai APBD 2004/2005. Tahun 2005/2006 Penulis menjadi Supervisor di PT Arga Beton Indah. Masih pada tahun yang sama Penulis menjadi Supervisor di PT Catur Putra. Selanjutnya pada tahun 2006 sampai tulisan ini dibuat Penulis menjadi Site Manager PT Kendali Putra.